

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO



TESIS

**“DISEÑO DE UN TANQUE LAVADOR PARA REDUCIR EL
CONTENIDO DE SAL EN EL LOTE VI ESTACION DE BOMBEO
172”**

Presentada por:

Br. ORDINOLA NIÑO ALBERTO ALONSO

**PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE PETRÓLEO**

**Línea De Investigación:
Explotación de Hidrocarburos**

PIURA –PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO



TESIS

**“DISEÑO DE UN TANQUE LAVADOR PARA REDUCIR EL
CONTENIDO DE SAL EN EL LOTE VI ESTACION DE BOMBEO 172”**

**PRESENTADA A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS PARA
OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE PETRÓLEO**

Ing. Aquiles Portal Tafur

ASESOR

Br. Ordinola Niño Alberto Alonso

TESISTA

DECLARACIO JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

YO, **ORDINOLA NIÑO ALBERTO ALONSO**, identificado con **DNI N°45045050**, en condición de egresado, de la Facultad de Ingeniería Minas, Escuela Profesional de Petróleo y domiciliado en la Dirección los ficus mz. F2 lote 5, Distrito de 26 de Octubre, Provincia de Piura, Departamento de Piura, Celular 966990252, Email: sfelix.garcian@gmail.com

DECLARO BAJO JURAMENTO: que el trabajo de investigación que presento a la Oficina Central de Investigación (OCIN), es original, no copia parcial ni total de un trabajo de investigación desarrollado, y/o realizado en el Perú o en el Extranjero, en caso resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el art.n°411, del Código Penal concordante con el art. 32° de la Ley N°27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura, 10 de febrero del 2019





Br. ORDINOLA NIÑO ALBERTO ALONSO
DNI N°45045050

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO



TESIS

**“DISEÑO DE UN TANQUE LAVADOR PARA REDUCIR EL
CONTENIDO DE SAL EN EL LOTE VI ESTACION DE BOMBEO 172”**

**PRESENTADA A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS PARA
OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE PETRÓLEO**

Dr. Ing. WILMER AREVALO NIMA.
Presidente del Jurado Calificador

Ing. GREGORIO MECHATO QUINTANA M. Sc.
Secretario del Jurado Calificador

Ing. OSCAR ALIAGA FLORES
Vocal del Jurado Calificador



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
DECANATO

"AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL"

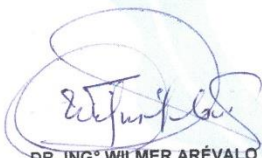
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


Los Miembros del Jurado Calificador nombrados mediante Resolución N° 209-CF-2018, de fecha cinco de marzo de dos mil dieciocho, que suscriben, reunidos el día jueves quince de marzo de dos mil dieciocho, a horas 11:00 a. m., en el aula del PROMAINA - FIM, para la sustentación de la Tesis titulada **"DISEÑO DE UN TANQUE LAVADOR PARA REDUCIR EL CONTENIDO DE SAL EN EL LOTE VI ESTACIÓN DE BOMBEO 172"**, conducida por el señor Bachiller en Ingeniería de Petróleo **ORDINOLA NIÑO ALBERTO ALONSO**. Efectuadas las observaciones y dadas las respuestas, lo declaran:

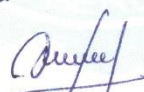
APROBADO

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** y solicitar al Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, le otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE PETRÓLEO**, de conformidad con lo estipulado en las normas legales vigentes de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 15 de marzo de 2018.


DR. ING° WILMER ARÉVALO NIMA
Presidente del jurado calificador


ING° GREGORIO MECHATTO QUINTANA M.Sc.
Secretario del jurado calificador


ING° OSCAR A. ALIAGA FLORES M.Sc.
Vocal del Jurado Calificador.

YMN.

DEDICATORIA

Como todo ser humano tiene aspiraciones en la vida, las mismas que se cumplen bajo la creencia de un ser supremo y es quien ve cada uno de nuestros pasos y es nuestro silencioso juez, se lo dedico primero a DIOS.

A mi familia quien por ellos soy lo que soy. Para mis padres: por sus consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona mis valores, mis principios, mi carácter, mi perseverancia, mi coraje para seguir mis objetivos.

ALONSO ORDINOLA

AGRADECIMIENTO

Gracias a DIOS por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermoso que es la vida y lo justa que puede llegar a ser, gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis. Gracias por creer en mí y gracias por permitirme vivir y disfrutar de cada día.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia

ALONSO ORDINOLA

Índice General

CAPITULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACION	1
1.1. SITUACION ACTUAL.....	1
1.2. OBJETIVOS	1
1.2.1. Objetivo General	1
1.2.2. Objetivo Especifico	1
1.3. PUBLICACIONES DE REFERENCIA	1
CAPITULO II	6
MATERIALES.....	6
2.1. GENERAL.....	6
2.3.1. Especificaciones ASTM.....	7
2.3.2. Especificaciones CSA	9
2.4. REQUISITOS GENERALES PARA LA ENTREGA	11
2.5. TRATAMIENTO TÉRMICO DE PLANCHAS	12
2.6. PRUEBAS DE IMPACTO PARA PLANCHAS	13
2.7. REQUISITOS DE DUREZA.....	13
2.7.1. Procedimientos de dureza	14
2.8. LAMINAS	14
2.9. PERFILES ESTRUCTURALES	14
2.10. TUBERÍAS Y PIEZAS FORJADAS	16
2.11. BRIDAS.....	18
2.12. ELECTRODOS DE LA SOLDADURA	18
CAPITULO III	21
DISEÑO	21
3.1. DISEÑO DE UNIONES	21
3.1.1. Restricciones de Uniones	21
3.1.2. Símbolos de Soldadura.....	21
3.1.3. Uniones Típicas.....	21
3.1.4. Uniones de casco verticales	21
3.1.5. Uniones de casco horizontales	22
3.1.6. Uniones de fondo soldadas a solapa.....	22
3.1.7. Uniones de fondo soldadas a tope	22

3.1.8. Uniones de planchas anulares de fondo	23
3.1.9. Soldaduras con Filete para casco-fondo.....	23
3.1.10. Unión de viga al viento	26
3.1.11. Uniones de tejado y ángulo superior	26
3.2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO	28
3.2.1. Factores de Diseño	28
3.2.2 Cargas externas	28
3.2.3 Medidas de protección	28
3.2.4 Presión externa	28
3.3. CONSIDERACIONES ESPECIALES	28
3.3.1 Cimentación	28
3.3.2 tolerancias de corrosión.....	28
3.3.3 Condiciones de servicio	28
3.3.4 Dureza de la soldadura	29
3.4. PLANCHAS DE FONDO	29
3.5. PLANCHAS DE FONDO ANULAR.....	30
3.6. DISEÑO DEL CASCO.....	31
3.6. CÁLCULO DE ESPESORES POR EL MÉTODO DEL 1ER PIE.....	32
3.7. CÁLCULO DEL ESPESOR POR EL MÉTODO DEL PUNTO DE DISEÑO VARIABLE	36
3.8. CALCULO DE ESPESORES POR EL ANÁLISIS ELÁSTICO	40
3.9. ABERTURAS DE CASCO	40
3.10. REFORZAMIENTO Y SOLDADURA	40
3.11. ESPACIAMIENTO DE SOLDADURAS ALREDEDOR DE LAS CONEXIONES	44
3.12. CONEXIONES DE CASCO TIPO A RAS.....	48
CAPITULO IV	56
BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA LAS OBRAS CIVILES.....	56
4.1. OBJETO.....	56
4.2. ALCANCE.....	56
4.3 NORMAS APLICABLES	56
4.4. TAREAS A REALIZAR	56
4.4.1. Movilización y Desmovilización	56
4.4.2. Trazo y Replanteo	57
4.4.3. Excavaciones.....	57

4.4.4	Concreto	59
4.4.5	Acero de Refuerzo	63
4.4.6	Encofrados	64
4.4.7	Dosificación	65
4.4.8	Mezclado	66
4.4.9	Vaciado	67
4.4.10	Consolidación	68
4.4.11	Elementos Embebidos en el Concreto.....	69
4.4.12	Curado	69
4.4.13	Pruebas	69
4.5.	DISEÑO DE SIFON	71
4.5.1.	Cantidad de agua purgada (Q AP)	71
4.5.2.	Diámetro de purga de agua (cm)	72
4.5.3.	Altura minima de la salida del sifon de agua de purga (m)	72
4.5.4.	Altura neta de trabajo	72
4.5.5.	Altura máxima de rebalse en el sifón.....	72
	Hmax = 9.21 mts	72
4.5.6.	Altura mínima de rebalse en el sifón.....	73
4.5.7.	Carrera del sifón.....	73
4.5.8.	Altura de la cresta máxima en el sifón (cm).....	73
4.6.	DISEÑO DEL DESGASIFICADOR.....	73
4.7.	DATOS PARA EL CALCULO DE GAS GENERADO POR GRAVEDAD	73
4.8.	TOTAL GAS AL DESGASIFICADOR:	73
4.9.	VELOCIDAD DEL GAS DENTRO DEL SEPARADOR ATMOSFÉRICO:	73
4.10.	AREA DEL SEPARADOR POR SEPARACION DEL GAS (M2):	74
4.11.	DIAMETRO DEL SEPARADOR POR RETENCION DE GAS (M)	74
4.12.	TIEMPO DE RETENCIÓN DEL LÍQUIDO PARA UNA BUEN DESGASIFICACION	74
4.13.	VOLUMEN DE RETENCION DE LIQUIDO.	74
4.14.	DIÁMETRO DEL SEPARADOR POR RETENCIÓN DE LÍQUIDO.	74
4.15.	LONGITUD DEL DESGASIFICADOR.....	74
4.16.	VELOCIDAD DE DESCENSO DENTRO DE LA COLUMNA DEL DESGASIFICADOR (M/S).....	75
4.17.	SECCION COLUMNA DE DESGASIFICADOR	75
4.18.	DIAMETRO COLUMNA DE DESGASIFICADOR- BOTA (cm.).....	75

4.19. DIAMETRO DE ENTRADA AL DESGASIFICADOR-BOQUILLAS	75
CAPITULO VI	76
EVALUACION ECONOMICA	76
CAPITULO VII.....	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
ANEXOS.....	822

Índice de Tablas

Tabla 2.1. Máximo contenido permisible de aleación.....	10
Tabla 2.2. Grados aceptables de material de planchas producidos	12
Tabla 2.3. Grupo de materiales, unidades SI.....	15
Tabla 2.4. Requerimientos mínimos de prueba de impacto para planchas.....	16
Tabla 2.5. Componentes vs Espesor gobernante	20
Tabla 3.1 Espesor nominal de la plancha vs tamaño mínimo del filete soldado	23
Tabla 3.2. Espesores para planchas de fondo anular	31
Tabla 3.3. Materiales permisibles de planchas y esfuerzos admisibles.....	35
Tabla 3.4. Espesores de placas de cubierta de manhole del cascos y bridas empernadas ...	42
Tabla 3.7. Espesores y alturas de planchas de reforzamiento de casco para accesorios de limpieza tipo a ras mm(plg).....	49
Tabla 3.8. Dimensiones para conexiones al cado de tipo a ras	60
Tabla 4.1. Porcentaje pesos que pasa por los cedazos.....	60
Tabla 4.2. Porcentajes de Materiales Agregados.....	60
Tabla 4.3. Porcentaje de Peso que Pasa los cedazos por grupos	61

Índice de Figuras

Figura 2.1. —Diseño de temperatura de metal Mínima permisible para materiales usados en cascos de tanques sin prueba de impacto.....	9
Figura 2.2. Espesor gobernante por determinación de prueba de impacto de materiales de boquillas de casco y Manhole.....	19
Figura 3.1. Uniones típicas verticales de casco	24
Figura 3.2. Uniones típicas horizontales del casco.....	24
Figura 3.3A. Uniones típicas de techos y fondos	25
Figura 3.3. Método para preparación de planchas de fondo soldadas a solapa Debajo del casco del tanque.....	25
Figura 3.4. Detalle soldadura ranura-filete doble para planchas de fondo con un espesor nominal mayor que 13mm (1/2 plg)	27
Figura 3.5. Manhole del casco.....	45
Figura 3.7. Boquillas del casco.....	47
Figura 3.8. Boquillas del casco.....	47
Figura 3.10. Soportes de accesorios de limpieza tipo a ras	50
Tabla 3.8. Dimensiones para conexiones al casco de tipo a ras.	50
Figura 3.11. Conexión de casco de tipo ras	53
Figura 3.12. rotación de conexión de casco.....	55
Tabla 4.1. Porcentaje pesos que pasa por los cedazos.....	60
Tabla 4.2. Porcentajes de Materiales Agregados.....	60
Tabla 4.3. Porcentaje de Peso que Pasa los cedazos por grupos	61

Índice de Anexos

ANEXO N°1 DISTRIBUCION DE PLANCHA DE FONDO DE TANQUE LAVADOR	82
ANEXO N°2 SIFON DEL TANQUE LAVADOR.....	83
ANEXO N° 3 DISTRIBUCION Y DETALLE DEL CILINDRO.....	84

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
BACH. ALBERTO ALONSO ORDINOLA NIÑO

**“DISEÑO DE UN TANQUE LAVADOR PARA REDUCIR EL
CONTENIDO DE SAL EN EL LOTE VI ESTACION DE BOMBEO
172”**

RESUEMEN

Trabajo Especial de Grado “DISEÑO DE UN TANQUE LAVADOR PARA REDUCIR EL CONTENIDO DE SAL EN EL LOTE VI ESTACIÓN DE BOMBEO 172” La presente investigación trata de la selección de un nuevo tratamiento del agua de producción para minimizar los posibles impactos ambientales en la provincia de talara que puede ocasionar estas aguas, ya que el contenido de sal que esta presenta es 3 veces mayor que el agua de mar

En el presente trabajo se realizó una investigación descriptiva - tecnológicas, porque se requiere datos de los fluidos el cual se va tratar, las presiones que se van a manejar, antes, durante y después del proceso, que tipo de tubería se va utilizar, así como su espesor y diámetro, el tipo de diseño del tanque y el material que se va emplear para la construcción del tanque.

La investigación Tecnológicas porque el trabajo de investigación está encaminado a describir también las nuevas tecnologías como mejora en los diferentes sistemas de tratamiento del crudo y de las aguas de producción y maximizar la eficiencia del tratamiento, para la selección del mejor tratamiento

Por lo tanto, para la selección apropiada de del diseño del tanque lavador para las aguas de producción en el lote VI, se requiere de un análisis detallado conformado por un equipo de trabajo de las diversas especialidades de Ingeniería de Petróleo, como Ingeniería de Reservorio, ingeniería química, Ingeniería de Producción.

Quiero precisar que al realizar la investigación de selección y diseño se va hacer algunas consultas previas con algunos especialistas de la materia para culminar el presente desarrollo del trabajo enfocado más Ingeniería de Producción.

Palabras claves: hidrocarburos, reducción de sal, diseño tanque lote VI

NATIONAL UNIVERSITY OF PIURA
FACULTY OF MINING ENGINEERING
PROFESSIONAL OIL ENGINEERING SCHOOL
BACH. ALBERTO ALONSO ORDINOLA NIÑO

**“DESIGN OF A WASHING TANK TO REDUCE THE SALT
CONTENT IN LOT VI PUMPING STATION 172”**

ABSTRACT

Special Degree Work “DESIGN OF A WASHING TANK TO REDUCE THE CONTENT OF SALT IN THE LOT VI PUMPING STATION 172” This research deals with the selection of a new production water treatment to minimize possible environmental impacts in the province of cut that can cause these waters, since the salt content that it presents is 3 times greater than seawater

In the present work, a descriptive - technological investigation was carried out, because it requires data on the fluids which will be treated, the pressures that will be handled, before, during and after the process, what type of pipe will be used, so such as its thickness and diameter, the type of design of the tank and the material to be used for the construction of the tank.

Technological research because the research work is aimed at also describing new technologies as an improvement in the different treatment systems of crude oil and production waters and maximizing the efficiency of the treatment, for the selection of the best treatment

Therefore, for the proper selection of the design of the scrubber tank for production waters in lot VI, a detailed analysis consisting of a work team of the various Petroleum Engineering specialties, such as Reservoir Engineering, is required, Chemical engineering, Production Engineering.

I want to specify that when conducting the selection and design research, some prior consultations will be made with some subject specialists to complete the present development of the work focused on more Production Engineering.

Keywords: hydrocarbons , salt reduction, tank design lot VI.

INTRODUCCIÓN

El crudo en el Noroeste de Talara es un petróleo muy liviano, que normalmente un contenido de sal en promedio de 40-60 lbs por cada 1000 bls y un BSW por encima de 20%, para el tratamiento de crudo y reducir el contenido de sal y BSW, requiere de manifold de distribución, inyectoras de químicas, separadores bifásicos, tanque lavadores y tanques de almacenamiento para el reposo, para reducir el contenido de sal y BSW dentro del crudo.

Uno de los problemas frecuentes durante la fiscalización de crudo en los tanques de reposo es el contenido de sal en el crudo, algunas veces el contenido de sal en el crudo se encontraba por encima de las especificaciones de venta, es decir mayor a 10 lbs de sal por cada 1000 bls de crudo, esto se debe a varias razones:

Mal diseño de los tanques lavadores

No hay cambio del agua del Tanque Lavador de crudo

Falta de tratamiento químico durante el proceso de operaciones

No hay política de tratamiento de crudo

Dentro de los contratos de venta de crudo, entre la OPERADORA y PETROPERU, está la penalidad por tener crudo por encima de las especificaciones del contenido de sal, la multa está en el orden de 3.5 UIT

Una de las condiciones cuando no se fiscaliza con la Unidad LACT y se fiscaliza por aforo, es que se tiene que dejar tres (03) días en reposo el tanque drenar el agua de acuerdo a la norma para tener un BSW $< 0.30\%$, según el API 3.1 A.9.1.

Para tener la seguridad de venta de crudo a PETROPERU, se tiene que tener los equipos necesarios de tratamiento de crudo, diseñado y optimizados para mejorar la calidad de crudo y venderlo bajo especificación técnica solicitada por el comprador.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACION

1.1. SITUACION ACTUAL

En la estación de bombeo 172 Pariñas llega el crudo de la estación de Bombeo 502 y la Batería 216, siendo su producción bruta 2400 barriles/día aproximadamente. Existe un tanque desalador, el cual no cumple el diseño apropiado y hay problemas en la salinidad en la venta del crudo.

Como consecuencia del compromiso que tiene la empresa con PeruPetro con la perforación de 120 pozos, se va a incrementar la producción bruta en 3600 barriles / día, siendo la producción bruta de 6000 barriles/día.

A raíz de estos problemas se va a plantear un rediseño del nuevo tanque lavador de 200 barriles/día, el cual va a tener una bota con desgasificador, 3 platos esparcidores, sifón de tornillo para romper las emulsiones y así mejorar la calidad de agua producida.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Diseñar un tanque desalador con el propósito de reducir el contenido de sal proveniente de las baterías e incrementar el contenido de crudo.

1.2.2. Objetivo Especifico

- Evitar multas por parte del cliente, PetroPeru, al entregar el crudo por encima de 10 PTB (6 UIT por venta).
- Recuperar el contenido de crudo durante el tratamiento de lavado de crudo ligero.
- Mantener el agua de producción dentro de los parámetros de calidad para su disposición en la planta de inyección.

1.3. PUBLICACIONES DE REFERENCIA

Las normas siguientes, códigos, especificaciones, y publicaciones se citan en esta Norma.

La edición más reciente podría ser usada a menos que se especifique lo contrario.

- API Spec. 5L Especificación para tubería conductora de petróleo.
- Std 620 Diseño y Construcción de tanques de Almacenamiento Grandes, soldados, de baja presión (ANSI/API 620).

- RP 651 Protección Catódica de Los Tanques de Almacenamiento de petróleos instalados sobre tierra (ANSI/API 651).
- RP 652 Revestimiento de tanque de almacenamiento de Petróleo instalados sobre tierra (ANSI/API 652)
- Std 2000 Tanques de almacenamiento con descarga atmosférica y baja presión (No Refrigerado y Refrigerado). RP 2003 Protección Contra; Igniciones que se Levantan Fuera de La estática, Relámpago, y las Perdidas de corriente.
- AA 1
- ASD-1 Datos y Normas de Aluminio. SAS-30 Especificaciones para Estructuras de Aluminio. ASM-35 Especificaciones para planchas de Metal Aluminio Trabajadas en la Construcción de edificaciones.
- ACI 2 318 Código de requisitos para reforzamiento de construcciones de concreto (ANSI/ACI 318) 350 Ingeniería medioambiental para estructuras de concreto.
- AISC 3
- El manual de Construcciones de Acero, Diseño de esfuerzos admisibles.
- AISI 4 E-1 Serie de datos de Ingeniería para placas de acero: Información Útil- Diseño de Estructuras de placas. VOLUMEN II.
- ASME 5
- B1.20.1 Tuberías roscadas, Proyecto General (pulgada) (ANSI/ASME B1.20.1) B16.1 Bridas de tubería de fierro fundido y accesorios de brida. (ANSI/ASME B16.1) B16.5 Bridas de tubería y Accesorios de bridas (ANSI/ASME B16.5) B16.47 Bridas de acero de diámetro grande: NPS 26 A través de NPS 60 (ANSI/ASME B16.47) B96.1 Tanques de Almacenamiento de Aluminio-aleación. (ANSI/ASME B96.1). Caldera & Código de Presión de recipiente, Sección V, "Examen no destructivo"; La sección VIII, " Recipientes a presión " División 1; y Sección IX, "Calificación de soldadura y soldadura fuerte "
- ASNT 6
- Recomendaciones Prácticas No. SNT-TC-1A
- ASTM 7
- A 6M/A 6 Requisitos Generales para Placas, perfiles, forro de zanjas y barras de acero rolado de uso estructural. A 20M/A 20 Requisitos Generales para Placas de Acero y recipientes a presión.
- A 27M/A 27 Fundición de acero, Carbono, para aplicación General.

- A 36M/A 36 Acero Estructural
- A 53 Tubería, Acero, Negro y bañado en Caliente, bañado en zinc Soldado y Sin soldadura.
- A 105M/A 105 Piezas forjadas, Acero del Carbono, componentes para tubería.
- A 106 Tuberías de Acero al Carbono Sin costura para Servicios de alta temperatura.
- A 131M/A 131 Acero Estructural para Buques.
- A 181M/A 181 Piezas forjadas, Acero al Carbono, para Proyectos generales con tuberías.
- A 182M/A 182 Bridas de tubería de aleación de acero rolado o forjado, Accesorios y válvulas forjados, y partes para Servicio a Altas temperaturas.
- A 193M/A 193 Materiales de aleación de acero y Aceros inoxidables embutidos para el Servicio a Altas temperaturas.
- A 194M/A 194 Tuercas para pernos de Carbono y Aleación de acero para servicios de alta presión y Alta temperatura.
- A 213M/A 213 Recipientes de aleación de acero Austenítica y ferrítica, sin costura, Recalentadores, y Tubos de intercambiadores de calor.
- A 216M/A 216 Especificación de Normas para Aceros fundidos para Servicios de Alta temperatura.
- A 234M/A 234 Accesorios de tubería de acero forjado al carbono y de aleación de acero Forjado para Temperaturas de servicio moderadas y altas.
- A 240M/A 240 Cintas, laminas, placas de acero inoxidable Cromo-Niquel y Cromo resistente al calor para recipientes a presión.
- A 334M/A 334 Tuberías de aleaciones de Acero y carbono soldadas y sin costura (no soldadas) para temperaturas de servicio bajas.
- A 276 Barras y perfiles de acero inoxidable. A 283M/A 283 Placas de acero al carbono para fuerza de tensión baja e intermedia.
- A 285M/A 285 Placas de recipiente a presión, Aceros al Carbono, Esfuerzos de tensión bajos e intermedios.
- A 307 Espárragos y pernos de Acero al Carbono, Esfuerzo de tensión 60,000 psi,
- A 312M/A 312 Tuberías de acero inoxidable austenítico soldadas y sin costura (sin soldadura).
- A 320M/A 320 Materiales de Aleaciones de Acero para pernos; para temperaturas de servicio bajas.

- A 333M/A 333 Tuberías de acero soldadas y sin costura (sin soldadura), para temperaturas de servicio bajas.
- A 350M/A 350 Piezas forjadas, Aceros de Baja-aleación y carbono, Pruebas requeridas de Dureza y Tenacidad para componentes de tuberías.
- A 351M/A 351 Fundiciones, Austenítico, Ferrítico-Austenítico (Doble); para Partes sometidas a Presión.
- A 358M/A 358 Tubería de acero de aleación Austenítico Cromo-Níquel soldadura Fusión- Eléctrica; para temperaturas de servicio altas.
- A 370 Métodos de prueba y definiciones para pruebas mecánicas de productos de Acero.
- A 380 Limpieza, des incrustación y pasivación de partes, equipos y sistemas de Acero Inoxidable.
- A 403M/A 403 Accesorios de tubería de Acero Inoxidable Austenítico Forjado.
- A 420M/A 420 Accesorios para tubería de Acero al Carbono forjado y Aleación de Acero para temperaturas de servicio bajas.
- A 479M/A 479 Barras y Perfiles de Acero Inoxidable para uso en recipientes y Depósitos a presión.
- A 480M/A 480 Placa, Lamina y Hoja de Acero resistente al calor y barras inoxidables rolladas.
- A 516M/A 516 Placas de recipiente a Presión, Acero al Carbono, para temperaturas de servicio bajas y moderadas.
- A 524 Tuberías de Acero al carbono Sin costura para Temperaturas bajas y Atmosféricas.
- A 537M/A 537 Placas de recipientes a presión, tratadas térmicamente, Aceros de Silicona Carbono-Manganeso.
- A 570M/A 570 Laminas y Cintas de Acero al Carbono rolado en caliente, de Calidad estructural.
- A 573M/A 573 Placas de Acero estructural al Carbono de Dureza mejorada.
- A 633M/A 633 Acero estructural Normalizado alto-esfuerzo, Baja-aleación.
- A 662M/A 662 Placas de recipientes a Presión, carbono-manganeso; para temperaturas de servicio moderadas y bajas.
- A 671 Tuberías de acero, soldadas fusión-eléctrica, para temperaturas atmosféricas y bajas.

- A 678M/A 678 Placas de Acero de Baja Aleación, Alto Esfuerzo y de Acero al Carbono Templado para aplicaciones Estructurales.
- A 737M/A 737 Placas para recipientes a presión, el Alto-Esfuerzo, Baja-Aleación.
- A 841M/A 841 Especificaciones de Normas, para Placas de Acero de recipientes a presión, producida por TMCP (Control de Procesos Mecánicos Térmicos).
- A 924M/A 924 Requisitos Generales Láminas de Acero, Revestimiento Metálico por los Procesos de Inmersión en caliente.
- C 273 Método para la Prueba de Corte.
- C 509 Empaquetaduras y Sellos de material Preformado Elastomérico Celular.
- D 1621 Método de Pruebas para Propiedades de Compresividad de Plásticos Celulares Rígidos.
- D 1622 Método de Prueba para la Densidad Aparente de Plásticos Celulares rígidos (ANSI/ASTM D1622)
- D 2341 Espuma de Urethane Rígida
- D 2856 Método de Prueba, para descubrir el contenido celular de Los Plásticos Celulares rígidos por el Picnómetro de Aire. (ANSI/ASTM D2856)
- D 3453 Materiales Celulares Flexibles-URETHANE para equipos y automotores amortiguados, empaque de cables y Aplicaciones Similares
- E 84 Método de la Prueba para la Superficie calientes, características de los materiales de construcción.
- E 96 Métodos de Prueba para la transmisión de vapor de Agua en materiales.
- AWS 8 A5.1 Especificaciones para los electrodos, de soldadura por arco, de Acero revestido de Carbono. (ANSI/AWSA5.1)
- A5.5 Especificaciones para electrodos, de soldadura por Arco, de Acero revestido de Baja Aleación. (ANSI/AWSA5.5)
- D1.2 Código de la Soldadura Estructural -Aluminio (ANSI/AWS D1.2).
- CSA 9 G40.21-M Aceros de calidad Estructural complementa al Código de construcción Nacional de Canadá.

CAPITULO II

MATERIALES

2.1. GENERAL

Los Materiales usados en la construcción de tanques deberán estar conforme a las especificaciones listadas en esta sección, sujetos a las modificaciones y limitaciones indicadas.

Cuando un tanque se diseña para los requisitos usando placas de material de Acero del Grupo I en vez de materiales del Grupo IIIA el fabricante de tanques responsable por alguna sugerencia de sustitución de materiales para el uso de Aceros del Grupo IV en ves del Grupo VI debe:

- (a) Mantener el criterio de diseño original en su totalidad para la reducción de esfuerzos del Grupo-I hasta del Grupo-IIIA.
- (b) Asegurar que todo el diseño, fabricación, montaje e inspección requeridos para el material a sustituirse se encuentren en las especificaciones de Grupo-I hasta de Grupo-IIIA ,incluyendo esfuerzos más bajos ; pero no limitado a:
 - Las propiedades materiales y métodos de proceso de producción.
 - Los niveles de tensión aceptables.
 - La dureza de la muesca.
 - Procedimientos de soldadura y consumibles.
 - Alivio de esfuerzos térmicos.
 - Detalles y procedimientos de unión temporal y permanente.
 - Exámenes No destructivos.
- (c) Proporcionar cualquier otro archivo que cubra los procedimientos de trabajo para el material tales como: prueba de impacto, procedimientos de soldadura, exámenes no destructivos y tratamientos térmicos.

2.2. PLACAS

Los platos deben ajustarse a las especificaciones listadas en 2.2.1. Hasta 2.2.3., sujetos a las modificaciones y limitaciones.

Las placas para cascos, techos, y fondos pueden pedirse sobre un espesor de borde base o sobre un peso base [kg/m² (lb/ft²)]

El espesor de borde pedido deberá no ser menor que el espesor de diseño calculado o el espesor mínimo permisible.

El peso pedido deberá ser lo suficientemente grande para proporcionar un espesor de borde no menor que el espesor de diseño calculado o el espesor mínimo permisible.

Si un espesor de borde o peso base es usado, con un desgaste no mayor de 0.25 mm (0.01 plg.) con respecto al espesor calculado en el diseño o el espesor mínimo permisible, es aceptable.

Todas las planchas deberán ser fabricadas por los procesos de horno eléctrico SIEMMES MARTIN (hogar abierto) ó de oxígeno básico. Los aceros producidos por los procesos de control mecánico-térmico (TMCP) pueden ser usados, con tal de que la combinación de composición química y control integrado de los aceros fabricados sea mutuamente aceptada por el comprador y el fabricante y con tal que las propiedades mecánicas especificadas en el espesor de planchas requeridas sean alcanzadas.

Las planchas deberán ser limitadas un espesor máximo de 45 mm (1.75 plg.) a menos que un espesor menor sea declarado en esta Norma o en las especificaciones de plancha. Placas más gruesas que 40 mm (1.5 plg.) deberán ser normalizadas o templadas, muertas, para hacer practica al grano fino y pruebas de impacto.

2.2.1. Especificaciones ASTM

Aquellas planchas que se adecuen a las siguientes especificaciones ASTM son aceptables mientras las planchas se encuentren dentro de las limitaciones expuestas:

- a) ASTM A 36M/A 36 Planchas para un máximo espesor de 40 mm (1.5 plg.). Ninguna de las especificaciones para los accesorios de materiales listados en la tabla 1 de ASTM A 36/A36 son considerados aceptables para la construcción de tanques bajo esta Norma, a menos que sea expresamente declarado en esta Norma que la especificación es aceptable.
- b) ASTM A 131M/A 131, Grado A, Planchas para un máximo espesor de 12.5 mm (0.5 plg.); Grado B para planchas a un máximo espesor de 25 mm (1 plg.); Grado CS para planchas a un espesor máximo de 40 mm (1.5 plg.) [Incluido planchas y bridas a un espesor máximo de 50 mm (2 plg.)]; y Grado EH36 para planchas a un espesor máximo de 45 mm (1.75 plg.) [incluyendo planchas y bridas a un máximo de espesor de 50 mm (2 plg.)].

- c) ASTM A 283M/A 283, Grado C, para planchas a un máximo de espesor de 25 mm (1plg.).
- d) ASTM A 285M/A 285, Grado C, para planchas a un máximo de espesor de 25 mm (1plg.).
- e) ASTM A 516M Grado 380, 415, 450, 485/A 516, Grado 55, 60, 65, y 70, para planchas a un máximo espesor de 40 mm (1.5 plg.) [incluyendo planchas y bridas de un espesor máximo de 100 mm (4 plg.)].
- f) ASTM A 537M/A 537, Clase 1 y Clase 2, para planchas de un espesor máximo de 45 mm (1.75 plg.) [incluye planchas para un máximo espesor de 100 mm (4 pulgadas)]
- g) ASTM A 573M Gradúan 400, 450, 485/A 573, Grados 58, 65, y 70, para planchas para un máximo espesor de 40 mm (1.5 plg.).
- h) ASTM A 633M/A 633, Grados C y D, para planchas para un espesor máximo de 1.75 pulgadas [incluye planchas para un máximo espesor de 40 mm (1.5 plg.)].
- i) ASTM A 662M/A 662, Grados B y C, para planchas para un espesor máximo de 40 mm (1.5 plg.).
- j) ASTM A 678M/A 678, Grado A, para planchas para un máximo espesor de 40 mm (1.5 plg.) [incluye planchas para un máximo espesor de 65 mm (2.5 plg.)] y grado B para los planchas para un máximo espesor de 45 mm (1.75 plg.) [incluye planchas para un máximo espesor de 65 mm (2.5 plg.)]. las adiciones de Boro no son permitidas.
- k) ASTM A 737M/A 737, Grado B, para planchas para un máximo espesor de 40 mm (1.5 plg.).
- l) ASTM A 841M/A 841 para planchas para un máximo espesor de 40 mm (1.5 plg.) [incluye planchas para un máximo espesor de 65 mm (2.5 plg.)].

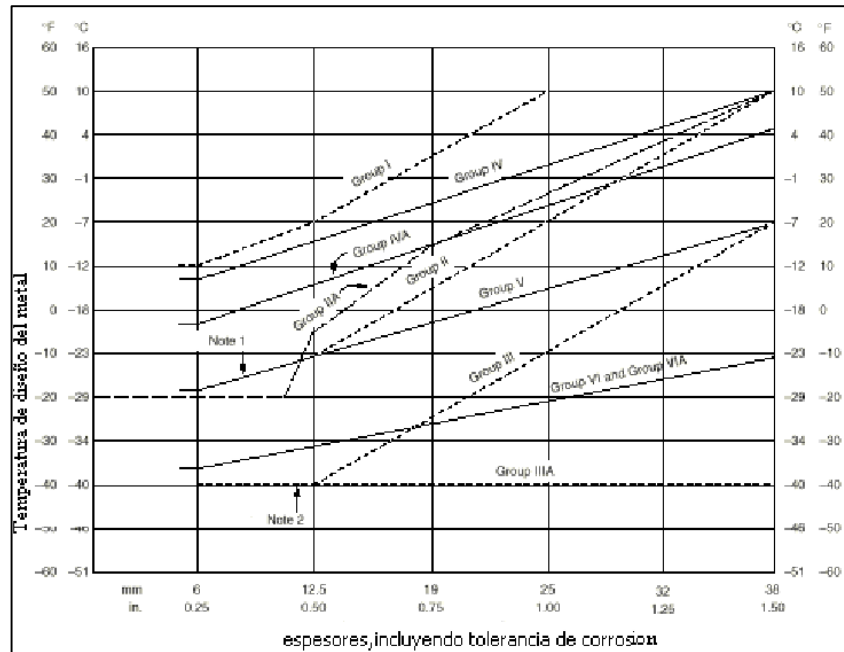


Figura 2.1. —Diseño de temperatura de metal Mínima permisible para materiales usados en cascos de tanques sin prueba de impacto.

Fuente: “Toward Acceptance Criteria for Shallow Dents Affecting Girth Welds in Gas Transmission Pipelines,

Notas:

1. Las líneas del Grupo II y Grupo V coinciden con los espesores menores que 12.5 mm (1/2plg).
2. Las líneas del Grupo III y Grupo IIIA coinciden con los espesores menores que 12.5 mm (1/2plg).
3. Los materiales en cada grupo son listados en la Tabla 2-3.
4. Esta gráfica no es aplicable a las planchas de rolado controlado.
5. Use las curvas del Grupo IIA y el Grupo VIA para bridas y tuberías.

2.2.2. Especificaciones CSA

Planchas equipadas para CSA G40.21-M en grados 260W, 300W, y 350W son aceptables dentro de las limitaciones declaradas abajo. (Si se requieren pruebas de impacto, Grado 260W, 300W, y 350W se designa como Grados 260WT, 300WT, y 350WT, respectivamente.) Los grados equivalentes de unidad imperial CSA de especificación G40.21 también son aceptables.

- a) Los grados W pueden ser semi anulados o totalmente anulados.

- b) Aceros totalmente muertos para hacer la práctica de grano fino deben ser especificados cuando se requiera.
- c) El agregado de elementos para el refinamiento de grano o fortalecimiento, estará estrictamente de acuerdo con la Tabla 2.1.
- d) Las planchas deberán tener esfuerzos de tensión los cuales no deben ser mayores que 140 MPa (20 ksi), sobre lo mínimo especificado por el grado.
- e) Grados 260W y 300W son aceptables para un máximo espesor de plancha de 25 mm (1plg) si está completamente muerto y para un máximo espesor de 40mm (1.5 plg) si está totalmente muerto y se hace la práctica de grano fino.
- f) Grado 350W es aceptable para planchas con un máximo espesor de 45 mm (1.75 plg.) [incluye planchas con un máximo espesor de 50 mm (2 plg.)] si son de acero muerto y realizan práctica del grano fino.

2.2.3. Especificaciones de ISO

Planchas ajustadas a ISO 630 en grados E 275 y E 355 son aceptables dentro de las limitaciones siguientes:

- a) la Calidad E 275 en las Calidades C y D para el plato a un máximo el espesor de 40 mm (1.5 plg.) y con un manganeso máximo satisfecho de 1.5% (el calor).
- b) Grado E 355 en grados C y D para planchas con un espesor máximo de 45 mm (1.75 plg.) [incluye planchas con espesor máximo de 50 mm (2 plg.)]

Tabla 2.1. Máximo contenido permisible de aleación

Aleación	Análisis de calor (porcentaje)	Notas
Columbium	0.05	1, 2, 3
Vanadio	0.10	1, 2, 4
Columbium(<0.05%) más vanadio	0.10	1, 2, 3
Nitrógeno	0.015	1, 2, 4
Cobre	0.35	1, 2
Níquel	0.50	1, 2
Cromo	0.25	1, 2
Molibdeno	0.08	1, 2

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

Notas:

1. cuando el uso de estas aleaciones o combinaciones de ellos no es incluido en las especificaciones del material, su uso estará en la opción del productor del planchas, sujeto a la aprobación del comprador. Estos elementos deberán presentar un reporte cuando así lo requiera el comprador. Cuando más limitaciones restrictivas sean incluidas en las especificaciones del material, estas gobernarán.
2. Sobre análisis de productos, el material deberá adecuarse a éstos requerimientos, sujeto a las tolerancias de las especificaciones para análisis de producto.
3. cuando el columbium se agrega el solo o en la combinación con el vanadio, se restringirá a los platos de 12.5 mm (0.50 en.) de espesor máximo a menos que se combine con 0.15% mínimo de Silicon.
4. cuando el nitrógeno ($\leq 0.015\%$) se agrega como un complemento al vanadio, se informará, y la proporción mínima de vanadio al nitrógeno será 4:1.

2.3. REQUISITOS GENERALES PARA LA ENTREGA

El material proporcionado deberá ajustarse a los requerimientos aplicables de la lista de especificaciones pero no está restringido con respecto a la localización del lugar de fabricación.

Este material está proyectado a ser conveniente para soldadura por fusión. La técnica de soldadura es de fundamental importancia, y los procedimientos de soldadura deben proporcionar soldados cuyo esfuerzo y dureza sea consistente con el material de plancha a ser juntado. Toda soldadura realizada para reparar superficies defectuosas debe ser efectuada con electrodos de soldadura de bajo hidrógeno compatible in química, esfuerzo y calidad con el material de la plancha.

Cuando sea especificado por el comprador, el acero será en su totalidad muerto. Cuando especifique el comprador al acero completamente muerto se hará la práctica del grano fino.

Para especificaciones de planchas hechas cuyo contenido límite de manganeso sea menor del 1.60%, el contenido límite de manganeso puede ser incrementado hasta 1.60%(calentado) en la opción de producción de planchas para mantener el nivel de esfuerzo requerido, de manera que el máximo contenido de carbón se reduzca hasta 0.20%(calentado) y la soldadura de las planchas sea considerada. El material se señalara "Mod" al siguiente listado de especificaciones. El material se deberá adecuar a las tolerancias del producto de análisis de la Tabla B en ASTM UN 6M/A 6.

El uso o presencia de columbium, vanadio, nitrógeno, cobre, níquel, cromo, o molibdeno no deberá exceder las limitaciones de la Tabla 2.1 para todo los materiales del Grupo VI (vea Tabla 2-3) e ISO 630, Grado Fe 510.

Tabla 2.2. Grados aceptables de material de planchas producidos

Grade ^b	PROPIEDADES MECÁNICAS								PROPIEDADES QUÍMICAS			
	ESFUERZO DE TENSIÓN				Mínimo esfuerzo resistente ^c		Máximo espesor		Máximo porcentaje de carbón		Máximo porcentaje de sulfuro y fósforo	
	Minimum ^c		Maximum									
	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	mm	in.	calor	Product	calor	Product
37 ^d	360	52	485	70	205	30	12.5	0.5	0.20	0.24	0.05	0.06
41	400	58	510	74	235	34	40	1.5	0.23	0.27	0.05	0.06
44	425	62	540	78	250	36	40	1.5	0.25	0.29	0.05	0.06

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

2.4. TRATAMIENTO TÉRMICO DE PLANCHAS

Planchas completamente muertas deberán ser tratadas térmicamente para obtener un refinamiento de grano para su normalizado o calentamiento uniforme para moldeado en caliente. Si el tratamiento requerido se está obteniendo en conjunto con el moldeado en caliente, la temperatura para la cual las planchas son calentadas para el moldeado en caliente deberá ser equivalente y no deberá exceder significativamente la temperatura de normalizado. Si el tratamiento de planchas no está especificado se realizan en la fábrica de producción de planchas.

Cuando un comprador de planchas elige realizar el normalizado requerido o fabricar por moldeado en caliente.

Las planchas deberán ser aceptadas sobre las bases de varias pruebas de tratamiento térmico realizado sobre muestras de todos los espesores en acordancia con la orden de planchas compradas. Si las temperaturas para el tratamiento térmico no están indicadas en la orden de compra, las muestras serán tratadas en calor bajo condiciones consideradas apropiadas para refinamiento de grano y reuniendo las pruebas requeridas.

Planchas de rolado controlado (planchas Producida por un proceso mecánico térmico de rolado diseñado para reforzar la dureza de la muesca) puede ser usado donde el normalizado de planchas sea requerido. Cada plancha de rolado controlado recibirá la prueba de dureza de energía de impacto CHARPY V .

Las pruebas de tensión se deberán realizar sobre cada plancha, tratada térmicamente.

2.5. PRUEBAS DE IMPACTO PARA PLANCHAS

Una prueba de impacto será ejecutada sobre tres muestras tomando una sola prueba de ensayo o prueba dirigida. El valor promedio de las muestras (sin más de un valor de muestra que tenga menos del valor mínimo especificado) se completará con el valor mínimo especificado. Si más de un valor es menor que el valor mínimo especificado, o si un valor es menor que dos o tres veces el valor mínimo especificado, tres muestras adicionales serán sometidas a prueba y cada valor obtenido deberá ser mayor o igual que el valor mínimo especificado.

Las muestras de prueba deberán ser muestras tipo A de dureza Charpy V (ver ASTM A370), con la muesca perpendicular a la superficie de la plancha a prueba.

Para planchas cuyo espesor es insuficiente para permitir la preparación de una muestra entera (10 mm x 10 mm), la prueba se hará sobre la muestra no entera más grande que se pueda preparar de la plancha. Las muestras no enteras deberán tener un ancho a lo largo de la muesca de por lo menos 80 % del espesor del material (planchas).

Los aparatos de prueba, incluyendo los de calibración de máquinas de impacto y las variaciones permisibles en las temperaturas de muestras, deberán estar conforme a la norma ASTM A 370 o a un equivalente aparato de prueba de acuerdo a las normas nacionales o normas ISO.

2.6. REQUISITOS DE DUREZA

Los espesores y diseño de temperatura de metal de todas las planchas de casco, planchas de refuerzo para casco, planchas insertadas en el casco, planchas de fondo soldadas para el casco, planchas usadas para el pozo de acceso (Manhole) y boquillas de cuello, planchas de anillo, boquilla del casco, bridas, bridas ciegas y planchas de tapa del pozo de acceso (Manhole) deberán estar en conformidad con la figura 2.1.

La evaluación de dureza de la muesca de bridas de plancha de anillo, bridas ciegas, y planchas de tapa del pozo de acceso (Manhole) estará basadas sobre "espesor gobernante"

En adición, planchas con más de 40mm (1.5 plg) de espesor serán de acero muerto hechos para la práctica de grano fino y tratamientos térmicos para normalizado, normalizado y templado, o sumergido y templado, y a cada plancha con tratamiento térmico se le realizará la prueba de impacto.

Para planchas con espesor menor o igual que 40 mm (1.5 plg.), excepto las planchas con rolado controlado, pueden usarse cerca o por encima de la temperatura de metal de diseño indicada en la Figura 2.1. A menos que tengan prueba de impacto.

A menos que la experiencia o las condiciones locales particulares justifiquen otra suposición, la temperatura de metal de diseño se asumirá como 8°C (15°F) por encima de la más baja temperatura medioambiental en el día de la localidad donde el tanque se está instalando. Las líneas isotérmicas de la temperatura media más baja de un día son mostradas en Figura 2.2.

2.6.1. Procedimientos de dureza

Cuando la dureza de un material debe ser determinada; se hará por uno de los procedimientos descritos a continuación así como se describe en los requisitos de dureza.

Cada plancha tales como roladas o tratadas térmicamente tendrá prueba de impacto en acordancia cerca o debajo de la temperatura de metal de diseño para mostrar valores de dureza longitudinal (o transversal) Charpy V que cubren en totalidad los requerimientos mínimos de la tabla 2.4.

2.7. LAMINAS

Las láminas para techos flotantes y fijos deberán ajustarse para la ASTM A 570M/A 570, Grado 33. Las láminas serán hechas por los procesos al hogar abierto u oxígeno básico. El acero al cobre será usado si se especifica en la orden de compra. Las láminas pueden ser ordenadas sobre un peso o espesor base, sobre la opción del fabricante de tanque.

2.8. PERFILES ESTRUCTURALES

Los aceros estructurales deberán ajustarse para una de las siguientes:

- a) ASTM A 36M/A 36.
- b) ASTM A131M/A 131.
- c) Aceros Estructurales listados en las especificaciones AISC para la construcción de aceros estructurales, diseños de esfuerzos admisibles.
- d) CSA G40.21-M, Grado 260W, 300W, 350W, 260WT, 300WT, y 350WT. Los grados de la unidad imperial equivalente CSA especificación G40.21 también son aceptables. e. ISO 630, Grado Fe 42 y Fe 44, Calidades B, C, y D.

Todo acero para perfiles estructurales deberá hacerse por los procesos al hogar abierto, horno eléctrico, o de oxígeno básico. El acero al cobre es aceptable cuando es aprobado por el comprador.

Tabla 2.3. Grupo de materiales, unidades SI

Group I rolado, semimuerto		Group II rolado, muerto, semi muerto		Group III rolado, muerto práct. de grano fino		Group IIIA normalizado muerto grano fino	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A 283M C	2	A 131M B	7	A 573M-400		A 131M CS	
A 285M C	2	A 36M	2, 6	A 516M-380		A 573M-400	10
A 131M A	2	G40.21M-260W		A 516M-415		A 516M-380	10
A 36M	2, 3	Grade 41	5, 8	G40.21M-260W	9	A 516M-415	10
Grade 37	3, 5			Grade 41	5, 9	G40.21M-260W	9, 10
Grade 41	6					Grade 41	5, 9, 10

Group IV rolado, muerto práct. grano fino		Group IVA rolado muerto práctica de grano fino		Group V normalizado muerto práct. de grano fino		Group VI normalizado y templado, muerto práct. grano fino, carbón reducido	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A 573M-450		A 662M C		A 573M-485	10	A 131M EH 36	
A 573M-485		A 573M-485	11	A 516M-450	10	A 633M C	
A 516M-450		G40.21M-300W	9, 11	A 516M-485	10	A 633M D	
A 516M-485		G40.21M-350W	9, 11	G40.21M-300W	9, 10	A 537M I	
A 662M B				G40.21M-350W	9, 10	A 537M II	13
G40.21M-300W	9					A 678M A	
G40.21M-350W	9					A 678M B	13
E 275	4, 9					A 737M B	
E 355	9					A 841	12, 13
Grade 44	5, 9						

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

Notas:

1. La mayor parte de los números de especificación del material listado referido a la especificación ASTM (incluido grado o clase); están allí, sin embargo algunas excepciones: G40.21M (incluyendo grado) es una especificación CSA, grados E275 y E335) incluyendo calidad) están contenidos en ISO 630; y grado37, grado 41, y grado 44.
2. mayor parte es semimuerto o muerto.
3. espesores ≤ 12.5 mm.
4. máximo contenido de manganeso de 1.5 %.
5. espesor de 20mm máximo cuando el acero de rolado controlado es usado en lugar del acero normalizado.
6. Contenido de manganeso será 0.80-1.2% por análisis de calor para espesores mayores que 20mm, excepto que para cada reducción de 0.01% por debajo del máximo carbón especificado, un incremento de 0.06% de manganeso por encima del

máximo especificado será permitido hasta el máximo de 1.35%. Espesores $\leq 112.5\text{mm}$ tendrán un contenido de manganeso de 0.8-1.2% por análisis de calor.

7. Espesores $\leq 125\text{mm}$.
8. La mayoría es muerto.
9. La mayoría es muerto y hecho para práctica de grano fino.
10. La mayoría es normalizado.
11. La mayoría tiene químicos (calor) modificado para un contenido de carbón máximo de 0.20% y un contenido máximo de manganeso de 1.60%
12. Producido por el proceso de control termo-mecánico (TMCP).
13. Para pruebas o simulaciones para materiales usados en uniones aliviadas de esfuerzos.

Tabla 2.4. Requerimientos mínimos de prueba de impacto para planchas

Material de plancha, espesor en mm(plg)	espesores		Valor promedio de impacto de tres muestras			
			Longitudinal		transversal	
	mm	plg	J	ft-lbf	J	ft-lbf
Grupos I II III IIIA $t < \text{máximo espesor en 2.2.2 hasta 2.2.5}$			20	15	18	13
Grupos IV IVA V VI (excepto enfriado por inmersión, templado y TMCP).	$t \leq 40$	$t \leq 1.5$	41	30	27	20
	$40 < t \leq 45$	$1.5 < t \leq 1.75$	48	35	34	25
	$45 < t \leq 50$	$1.75 < t \leq 2$	54	40	41	30
	$50 < t \leq 100$	$2 < t \leq 4$	68	50	54	40
Grupo VI (enfriado por inmersión, templado y TMCP).	$t \leq 40$	$t \leq 1.5$	48	35	34	25
	$40 < t \leq 45$	$1.5 < t \leq 1.75$	54	40	41	30
	$45 < t \leq 50$	$1.75 < t \leq 2$	61	45	48	35
	$50 < t \leq 100$	$2 < t \leq 4$	68	50	54	40

Fuente: “Toward Acceptance Criteria for Shallow Dents Affecting Girth Welds in Gas Transmission Pipelines,”

Nota: para placas de bridas de anillo, los requerimientos mínimos para pruebas de impacto serán aquellos para $t < 40\text{mm}$ (1.5plg).

2.9. TUBERÍAS Y PIEZAS FORJADAS

Las tuberías y acoplamientos de tubería y piezas forjadas deberán adecuarse a las especificaciones listadas:

- a. API Espc. 5L, Grados A, B, y X42.
- b. ASTM A 53, Grados A y B.
- c. ASTM A 106, Grados A y B.
- d. ASTM A 234M/A 234, Grado WPB.

- e. ASTM A 333M/A 333, Grado 1 y 6.
- f. ASTM A 334M/A 334, Grado 1 y 6.
- g. ASTM A 420M/A 420, Grado WPL6.
- h. ASTM A 524, Grados I y II.
- i. ASTM A 671.

Las siguientes especificaciones son aceptables para las piezas forjadas:

- a) ASTM A 105M/A 105.
- b) ASTM A 181M/A 181.
- c) ASTM A 350M/A 350, Grados LF1 y LF2.

A menos que tubería ASTM A 671 sea usada (Tubería soldada por fusión eléctrica), el material para las boquillas del casco y cuellos del pozo de acceso y del casco, será acero sin costura, pieza forjada sin costura, o planchas de material tales como las especificadas. Cuando los materiales del casco son del grupo IV, IVA, V, o VI, acero sin costura se completará con ASTM A 106, Grado B; ASTM A 524; ASTM A 333M/A 333, Grado 6; o ASTM A 334M/A 334, GRADO 6.

Cuando tubería ASTM A 671 se usa para las boquillas del casco y cuellos de pozo de acceso del casco, eso se complementará con lo siguiente:

- A. La selección del Material se limitará a las Grados CA 55, el CC60, CC 65, CC 70, CD 70, CD 80, CE 55, y CE 60.
- B. La tubería tendrá prueba de presión de acuerdo con 8.3 de ASTM UN 671.
- C. Las especificaciones para tubería deberán satisfacer los requerimientos.

Las pruebas de impacto para calificar los procedimientos de soldadura para la soldadura longitudinal de tuberías.

Las tuberías de calidad soldable que se ajusta a las propiedades físicas especificadas en alguna de las normas listadas, pueden ser usadas para propósitos estructurales con los esfuerzos admisibles establecidos.

Los materiales de tubería hechos según ASTM A 333M/A 333, A 334M/A 334, A 350M/A 350, y A 420, Grado WPL6 pueden usarse cerca de la temperatura de metal de diseño no menor que la temperatura de prueba de impacto requerida por la especificación ASTM para el grado de material aplicable sin pruebas adicionales de impacto.

Otros materiales de tuberías y piezas forjadas serán clasificados bajo los grupos de materiales mostrados en la figura 2.1. Tal como sigue:

- A. Grupo IIA-API esp. 5L, Grados A, B, y X42; ASTM A106, grados A y B; ASTM A 53, Grados A y B; ASTM A 181M/A 181; ASTM A 105M/A 105; y A 234M / A234, grado WPB.
- B. Grupo VIA-ASTM A 524, grado I y II.

Los materiales en los grupos listados Anteriormente pueden ser usados para espesores nominales, incluyendo tolerancias de corrosión, para las temperaturas de metal de diseño no menores que las mostradas en la figura 2.1. Sin prueba de impacto (figura 2.2). El espesor gobernante usado en la figura 2.1 será tal como sigue:

- a. Para juntas soldadas a tope, el espesor nominal de la junta soldada mas gruesa.
- b. Para soldadura esquinera o a solapa, el delgado de las dos partes juntas.
- c. Para partes no soldadas tales como bridas ciegas empernadas y cubiertas de pozo de acceso (Manhole) ,1/4 de su espesor nominal.

Cuando las pruebas de impacto son requeridas, estas serán realizadas de acuerdo con los requerimientos incluyendo el requerimiento mínimo de energía, de ASTM A333M/A 333, Grado 6, para tuberías de ASTM A 350M/A 350, Grado LF1 para piezas forjadas cerca de la temperatura de prueba no mayor que la temperatura de metal de diseño. Excepto para las planchas especificadas, los materiales especificados para boquillas de casco, cuellos de pozo de acceso del casco, y todas las piezas forjadas usadas sobre los cascos abiertos tendrán un mínimo de dureza Charpy V, energía de impacto de 18 J (13 pie-Lbf) (muestra completa) cerca de la temperatura no más alta que la temperatura de metal de diseño.

2.10. BRIDAS

Bridas de cuello soldado, cubo, deslizantes, soldadas, serán adecuadas a los requisitos de materiales de ASME B16.5 para bridas de acero al carbón forjado. El material de las planchas usadas para las bridas de boquilla, tendrán mejores propiedades físicas e iguales requeridas en el ASME B16.5.

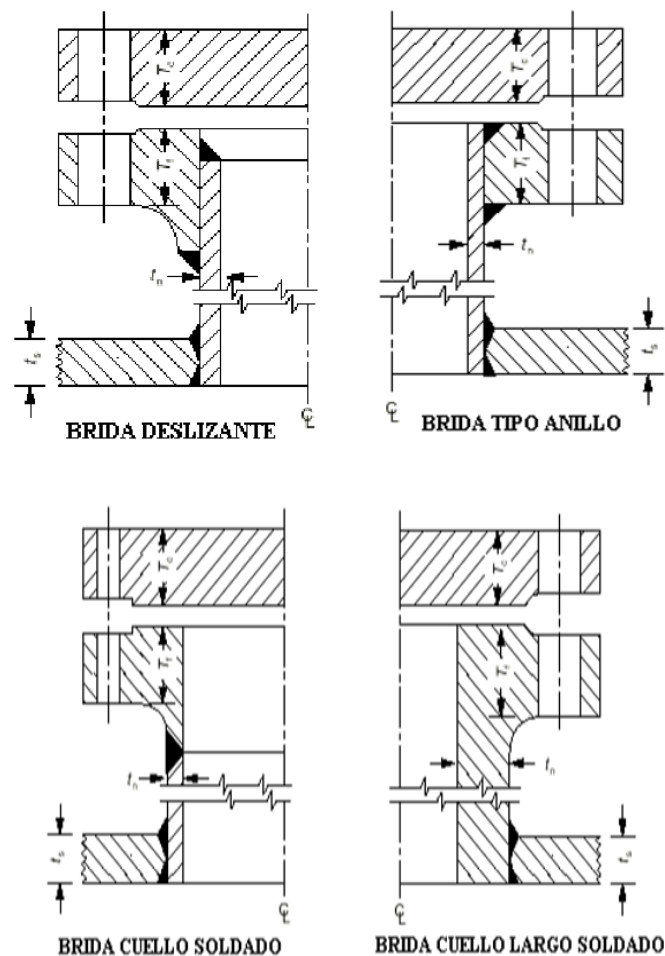
2.11. ELECTRODOS DE LA SOLDADURA

Para la soldadura de materiales con un mínimo de esfuerzo de tensión menor que 550 MPa (80 Kpsi), los electrodos de soldadura por arco manual serán de acuerdo a las clasificaciones

de series E60 y E70 (adecuadas para las características de la corriente eléctrica, la posición de la soldadura, y otras condiciones de intención de uso) en AWS A5.1.

Para la soldadura de materiales con un mínimo esfuerzo de tensión de 550 hasta 585 MPa (80 hasta 85 ksi), los electrodos de soldadura por arco manual deberán adecuarse para la clasificación de series E80XXCX en AWS A5.5.

Figura 2.2. Espesor gobernante por determinación de prueba de impacto de materiales de boquillas de casco y Manhole



Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

Notas

1. las planchas de refuerzo del casco no están incluidas en la ilustración anterior.
2. t_s = espesor del casco; t_n = espesor del cuello de la boquilla; t_f = espesor de brida; t_c = espesor de la placa empernada.

3. el espesor gobernante para cada componente será como sigue:

Tabla 2.5. Componentes vs Espesor gobernante

componentes	espesor gobernante (el más delgado de)
cuello de boquilla en casco	t_n or t_s
brida deslizable y cuello de boquilla	t_n or T_f
brida tipo anillo y cuello de boquilla	t_n or T_f
brida cuello soldado y cuello de boquilla	t_n
brida cuello largo soldado	t_n or t_s
placa empalmada no soldada	$1/4 T_c$

Fuente: Toward Acceptance Criteria for Shallow Dents Affecting Girth Welds in Gas Transmission Pipelines,”

CAPITULO III

DISEÑO

3.1. DISEÑO DE UNIONES

3.1.1. Restricciones de Uniones

Las siguientes restricciones sobre tipos y tamaños de uniones soldadas deberán aplicarse:

Para soldaduras provisionales no pueden considerarse ningún valor de resistencia en la estructura terminada.

El mínimo tamaño de la soldadura de filete deberá ser: para planchas de 3/16" de espesor, soldadura de filete completa para planchas mayores que 3/16" de espesor; no menores que 2/3 del espesor de la planchas más delgada que interviene en la unión con un mínimo de 3/16".

Uniones traslapadas de soldadura simple son permitidas en las planchas del fondo y techo.

En uniones de soldadura o traslape, como soldaduras para costura, se deberá traslapar no menos de 5 veces el espesor nominal de la plancha más del fiada que se está uniendo; pero en el caso de uniones traslapadas doblemente soldadas el traslape necesario no excederá de 50 mm (2plg), y en el caso de uniones traslapadas simplemente soldadas el traslape necesario no excederá de 25mm (1plg).

3.1.2. Símbolos de Soldadura

Los símbolos de soldadura empleados, en los dibujos deberán ser los indicados por la Sociedad Americana de Soldadura (AWS).

3.1.3. Uniones Típicas

Las uniones típicas de los tanques son mostradas en las Figuras 3.1, 3.2, 3.3A, 3.3B, y 3.3C. Las caras anchas de uniones no simétricas V - o U- a tope pueden ser por fuera o dentro del casco del tanque de acuerdo a la opción del fabricante. El casco del tanque será diseñado de manera que todos los cordones sean verdaderamente verticales.

3.1.4. Uniones de casco verticales

Las uniones de casco verticales deberán ser uniones a tope con completa penetración y fusión completa como la conseguida por la soldadura doble u otros medios los cuales deberán obtener las mismas calidades que el material de aporte sobre el interior y exterior de las

superficies soldadas La adecuada preparación de las planchas y los procedimientos de soldado.

Las uniones verticales en cordones de tanque adyacentes deberán no estar alineadas pero deberán estar desplazadas cada una de otra una distancia mínima de $5t$, donde t es el espesor de plancha del cordón más grueso del punto de desplazamiento.

3.1.5. Uniones de casco horizontales

Las uniones de casco horizontales deberán tener completa penetración y completa fusión; sin embargo, como una alternativa, los ángulos superiores pueden ser sujetados al casco por una unión de soldadura doble. La conveniencia de la preparación de la plancha y del procedimiento de soldadura.

A menos que se especifique de otro modo, las planchas del casco terminando cerca de las uniones horizontales deberán tener un centro de eje vertical común.

3.1.6. Uniones de fondo soldadas a solapa

Las planchas de fondo soldadas a solapa deberán ser razonablemente rectangulares y de canto escuadrado. Tres planchas solapadas en el fondo del tanque deberán estar por lo menos 300 mm (12 plg) cada una de otra, desde el casco del tanque, de las uniones de planchas anulares soldadas a tope y de uniones entre planchas anulares y de fondo. El solapado de dos planchas de fondo sobre las planchas anulares soldadas a tope no constituye una tri plancha soldada a solapa. Cuando planchas anulares son usadas o requeridas por 3.5.1, ellas deberán estar soldadas a tope y deberán tener un espesor radial suministrado por lo menos a 600 mm (24 plg) entre el interior del casco y alguna unión soldada a tope en el resto del fondo. Las planchas de fondo necesitan ser soldadas sobre la subcinta sólo, con un continuo soldeo total del filete sobre toda la costura. A menos que las planchas de fondo anular sean usadas, las planchas de fondo debajo del fondo del casco de anillo deberían tener los extremos finales de las uniones aptos y soldados a solapa para formar una presión uniforme por las planchas de casco como se muestra en la figura 3.3B.

3.1.7. Uniones de fondo soldadas a tope

Las planchas de fondo soldadas a tope deberán tener paralelo a ellas los bordes preparados para el soldado a tope con su escuadra o ranura en V. Sí Las ranuras escuadradas son empleadas, la abertura de la raíz debería no ser menor que 6mm (1/4 plg). Los soldados a tope deberían ser hechos por soldadura a punto con una platina de respaldo de por lo menos 3 mm (1/8 plg) de espesor para la parte inferior de la plancha. Un metal más espacial se usará

para mantener la abertura de la raíz entre los bordes de las planchas inmediatas a menos que el fabricante someta a otro método el soldado a tope aprobado por el comprador. Tres planchas unidas en el fondo del tanque deberán estar por lo menos a 300 mm (12 plg) cada una de otra y del casco del tanque.

3.1.8. Uniones de planchas anulares de fondo

Las uniones radiales de planchas anulares de fondo deberán ser soldadas a tope deberán tener una completa penetración y fusión. La barra auxiliar será compatible para el soldado de los platos anulares juntos.

3.1.9. Soldaduras con Filete para casco-fondo

Para el fondo y las planchas anulares con un espesor nominal de 12.5 mm (1 / 2 plg.), y menos, la conexión entre el borde inferior del cordon más bajo de la plancha de casco y la plancha de fondo deberá ser un soldeo de filete continuo colocado en cada lugar de la plancha del casco. El tamaño de cada soldadura no será más de 12.5 mm (1 / 2 plg.) y no será menor del espesor nominal de la más delgada de las planchas unidas. (Esto es, la plancha de casco o la plancha de fondo inmediatamente debajo del casco) o menor que los siguientes valores:

Tabla 3.1 Espesor nominal de la plancha vs tamaño mínimo del filete soldado

Espesor nominal de la plancha del casco		Tamaño mínimo del filete soldado	
(mm)	(in.)	(mm)	(in.)
5	0.1875	5	$\frac{3}{16}$
> 5 to 20	> 0.1875 to 0.75	6	$\frac{1}{4}$
> 20 to 32	> 0.75 to 1.25	8	$\frac{5}{16}$
> 32 to 45	> 1.25 to 1.75	10	$\frac{3}{8}$

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

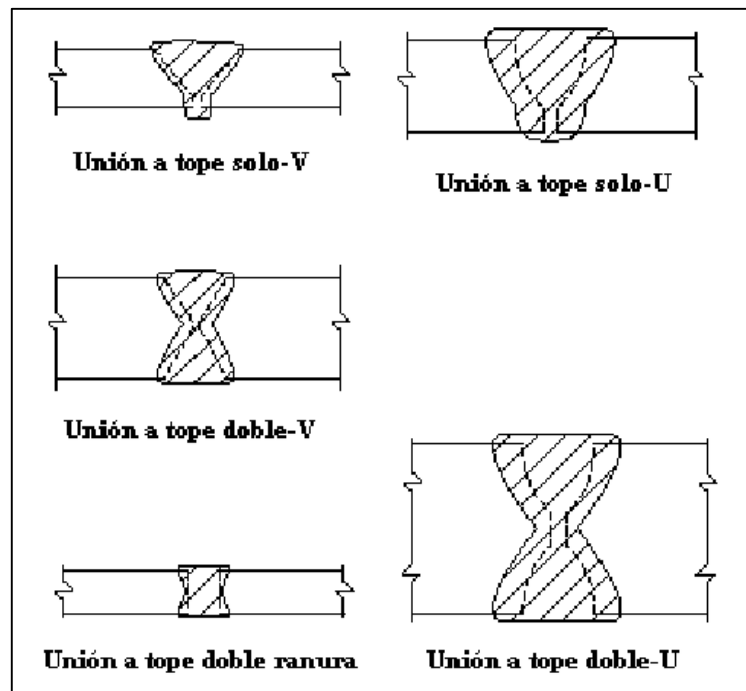


Figura 3.1. Uniones típicas verticales de casco

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

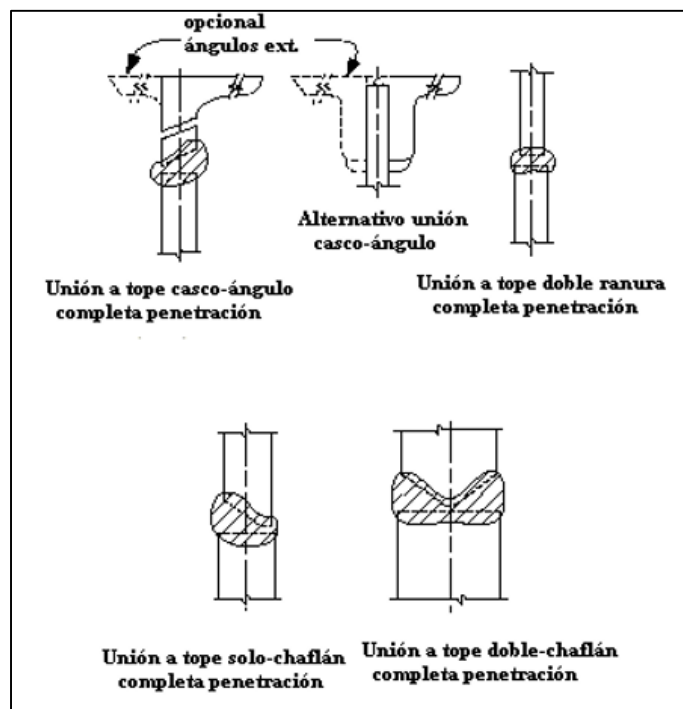


Figura 3.2. Uniones típicas horizontales del casco.

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

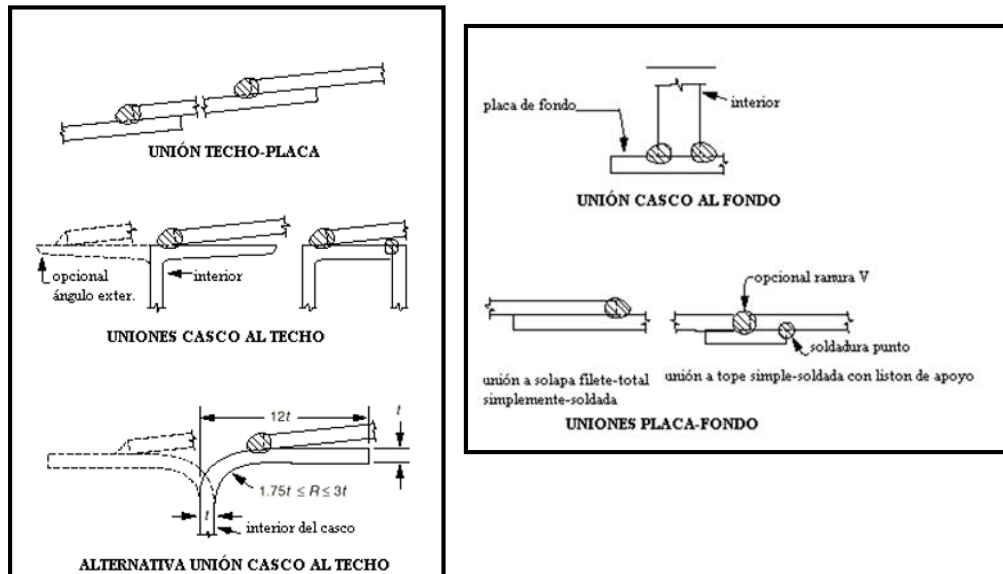


Figura 3.3A. Uniones típicas de techos y fondos

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

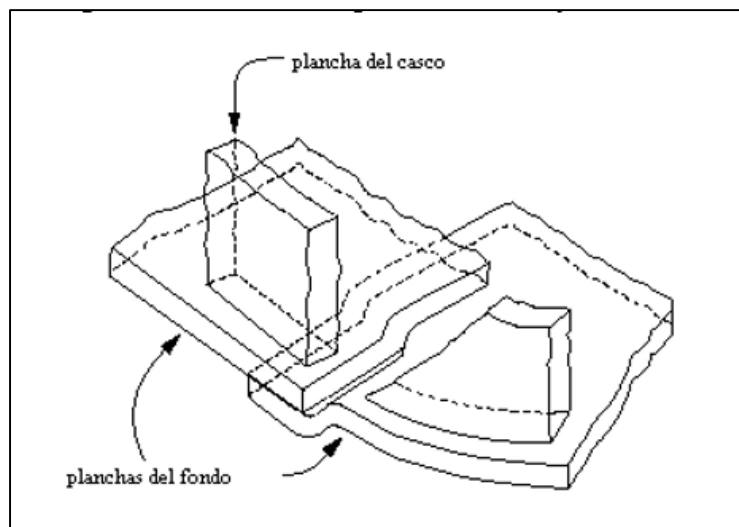


Figura 3.3. Método para preparación de planchas de fondo soldadas a solapa Debajo del casco del tanque

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

Para planchas anulares con un espesor nominal mayor que 12.5 mm (1 / 2 plg.), las juntas soldadas serán de tamaño tal que cualquiera de los catetos o la profundidad de la ranura más el cateto para un soldado combinado es de un tamaño igual al espesor de la plancha anular, pero no deberá exceder el espesor de la plancha del casco.

La soldadura con filete entre casco y fondo para materiales del casco en los grupos IV, IVA, V, o VI se hará con un mínimo de pasadas.

3.1.10. Unión de viga al viento

- a) La soldadura a tope con total penetración será usada para unir las secciones de anillo.
- b) Se usarán las soldaduras Continuas para todas las juntas cima-lado horizontal y para las juntas verticales. Las juntas fondo-lados horizontales serán soldadas a sello si es especificado por el comprador. El soldado a sello podría ser considerado para minimizar el potencial causado por la humedad atrapada lo cual puede causar corrosión.

3.1.11. Uniones de tejado y ángulo superior

- a. Las planchas del tejado deberán, como mínimo, ser soldadas sobre el lado superior con una soldadura continua en todo el filete sobre todo la costura. Las soldaduras a tope son también permitidas.
- b. Las planchas del tejado deberán ser juntadas para el ángulo superior de un tanque con un soldado con filete continuo sobre el lado superior.
- c. Las secciones del ángulo superior para techos auto soportantes deberán ser unidos por soldados a tope teniendo completa penetración y fusión.
- d. A causa de la opción del fabricante, para los tejados auto soportantes de cono, domo, o tipo del paraguas, los bordes de las planchas del tejado pueden ser horizontalmente bridados para apoyarse contra el ángulo superior para mejorar las condiciones de soldado.
- e. Excepto como se especifica para los tanques de lado abierto, para techos autosoportantes, y para tanques con tejado de casco bridado descrito los cascos del tanque deberán ser suministrados con ángulos superiores de tamaños no menores que los siguientes:

Ø tanque (pies) Tamaño ángulo

35 y menores..... 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"

Más de 35 hasta 60..... 2 1/2" x 2 1/2" x 5/16"

Mayores que 60..... 3" x 3" x 3/8"

El ala saliente del ángulo superior, podrá extenderse hacia el exterior o interior del casco del tanque a la elección del comprador.

- f. Para tanques que no excedan los 30 pies de diámetro y tengan techos cónicos soportados, el borde superior puede ser pestañado en lugar de un ángulo superior. El radio de doblé y el ancho del borde deberán cumplir con los detalles de la Fig. 3.3A. Esta construcción puede ser usada para cualquier tanque que tenga techo autosoportado si el área total de la sección recta de la unión de filete completa expone el área requerida para la construcción del ángulo superior.

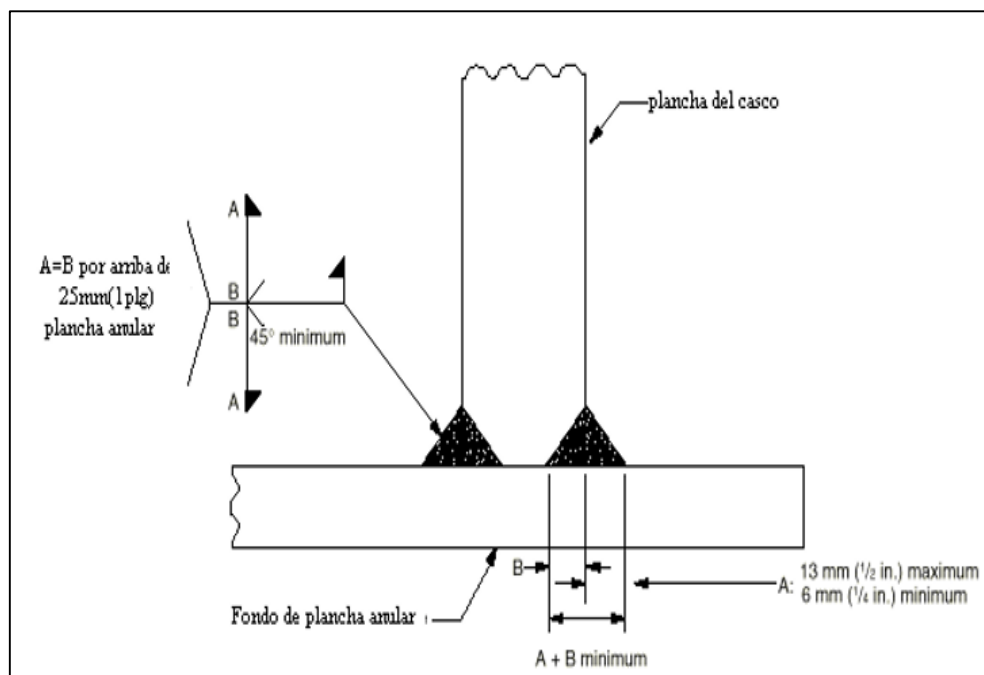


Figura 3.4. Detalle soldadura ranura-filete doble para planchas de fondo con un espesor nominal mayor que 13mm (1/2 plg)

Fuente:

NOTA

1. A= tamaño del filete soldado limitado a 13mm (1/2plg) máximo.
2. A+B = espesor más delgado de la plancha del fondo anular o el casco.
3. Soldadura ranurada B puede exceder el tamaño del filete A sólo cuando la plancha anular es más gruesa que 25 mm (1 plg).

3.2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

3.2.1. Factores de Diseño

La temperatura de metal de diseño (basado en las temperaturas ambientes), la gravedad específica de diseño, la corrosión admisible (si hubiera), y la velocidad de diseño del viento.

3.2.2 Cargas externas

La magnitud y dirección de cargas externas o de restricción, si la hubiera, para las cuales el casco o las conexiones del casco serán diseñados. El diseño para tales cargas deberá ser un tema de acuerdo entre el comprador y el fabricante.

3.2.3 Medidas de protección

Las pruebas de dureza, cimentaciones, tolerancias de corrosión y algunas otras medidas protectoras que crea conveniente.

3.2.4 Presión externa

Los tanques sujeto al vacío interior parcial; sin embargo, aquellos tanques que reúnen los mínimos requerimientos de esta norma pueden ser sujetos a un vacío parcial de 0.25 Kpa (1 plg. de agua) de presión de agua.

3.3. CONSIDERACIONES ESPECIALES

3.3.1 Cimentación

La selección de la ubicación del tanque y el diseño y construcción de la cimentación darán cuidadosas consideraciones, como las mostradas en el Anexo B, para asegurar los adecuados soportes del tanque.

3.3.2 tolerancias de corrosión

Cuando es necesario, el comprador, después de dar la consideración para el total efecto de los líquidos almacenados, el vapor encima del líquido, y el ambiente atmosférico, deberá especificar la tolerancia de corrosión a ser proporcionada a cada cordón del casco, para el fondo, para el techo, para las boquillas y pozos de acceso, y para miembros estructurales.

3.3.3 Condiciones de servicio

Cuando las condiciones de servicio puedan incluir la presencia de sulfuro de hidrógeno u otras condiciones que podrían promover el agrietamiento hidrógeno-inducido, notablemente cerca del fondo del casco, el cuidado deberá ser tomado para asegurar que los materiales del tanque y detalles de construcción sean adecuados para resistir el craqueo del hidrógeno inducido. Los límites sobre el contenido de azufre de los materiales bases y soldados así

como los procedimientos de calidad apropiados en planchas y fabricación de tanques. La dureza de la soldadura, incluyendo las zonas afectadas por el calor, en unión con estas condiciones debería ser considerada. La soldadura metálica y las zonas adyacentes afectadas por el calor a menudo contienen una zona de dureza en exceso de Rockwell C 22 y puede ser expectada para ser más susceptible al craqueo. Algunos criterios de dureza podrían ser asuntos de acuerdos entre el comprador y el fabricante y podrían ser basados sobre una evaluación de la concentración del sulfato de hidrogeno expectado en el producto, la posibilidad de humedad presente en el interior de la superficie del metal, y los esfuerzos y características de dureza del metal base y del metal de aporte.

3.3.4 Dureza de la soldadura

Cuando sea especificado por el comprador, la dureza del metal de aporte para los materiales del casco en el Grupo IV, IVA, V, o VI será evaluada por uno o dos de los métodos siguientes:

- a. Las pruebas de calificación de procedimientos de soldado para toda soldadura deberán incluir pruebas de dureza del material de aporte y de las zonas afectadas por el calor de la plancha a prueba. Los métodos de prueba y la aceptación de las normas serán por acuerdo entre el comprador y fabricante.
- b. Todas las soldaduras depositadas por un proceso automático tendrán prueba de dureza sobre la superficie del lugar del producto. A menos que de otra manera se especifique, una prueba será dirigida para cada soldadura vertical, y una prueba se dirigirá para cada 30 m (100 pies) de soldadura circunferencial.

3.4. PLANCHAS DE FONDO

Todas las planchas del fondo deberán tener como mínimo un espesor nominal de 6 mm (1/4plg) (70 Kpa (10.2 Lbs/plg²)) fuera de cualquier corrosión admisible especificado, para las planchas del fondo. Todas las planchas rectangulares deberán tener de preferencia un ancho mínimo de 1800mm (72plg). Todas las planchas trazadas (planchas del fondo sobre las cuales descansa el casco), las cuales tienen un extremo rectangular deberán también de preferencia tener un ancho mínimo de 1800mm (7plg) en el extremo rectangular.

Las planchas del fondo deberán ser ordenadas de un tamaño suficiente tal que, cuando sean desbastadas como mínimo 25 mm (1plg) de ancho deberá proyectarse más allá del borde exterior de la soldadura de fijación del fondo a la plancha del casco.

3.5. PLANCHAS DE FONDO ANULAR

Cuando el cordón de fondo del casco se diseña usando los esfuerzos admisibles para los materiales del Grupo IV, IVA, V, o VI, la soldadura a tope de planchas de fondo anular.

Cuando el cordón de fondo del casco es de un material en el Grupo IV, IVA, V, o VI y el esfuerzo máximo del producto para el primer cordón es menor igual que 160 MPa (23,200 lbf/plg. 2) o la tensión máxima de la prueba hidrostática para el primer cordón es menor que o igual a 172 MPa (24,900 lbf/plg 2), las planchas soldadas a solapa pueden ser usadas en lugar de las planchas de fondo anular soldadas a tope.

Las planchas de fondo anular tendrán una anchura radial tal que sea por lo menos de 600 mm (24 plg.) entre el interior del casco y cualquier unión soldada a solapa en el resto del fondo y por lo menos unos 50 mm (2 plg.) salientes fuera del casco. Cuando un mayor espesor radial de plancha anular es requerido se calcula como sigue:

En unidades SI:

$$\frac{215t_b}{(HG)^{0.5}}$$

Donde:

t_b = el espesor de la plancha anular , mm,

H = Nivel máximo de diseño del líquido. m,

G = Gravedad específica de diseño del líquido a ser almacenado.

En Unidades US:

$$\frac{390t_b}{(HG)^{0.5}}$$

Donde:

t_b = el espesor de la plancha anular ,plg.

H = Nivel máximo de diseño del líquido. Pies.

G = Gravedad específica de diseño del líquido a ser almacenado

3.6. DISEÑO DEL CASCO

El espesor requerido del casco será el espesor mayor de los espesores de diseño del casco, incluyendo cualquier tolerancia de corrosión, o del espesor del casco con pruebas hidrostáticas; pero los espesores del casco no deberán ser menores que los valores siguientes:

Diám. Nominal del tanque		Espesor Nominal de la plancha	
(m)	(pies)	(m)	(pulgadas)
<15	<50	5	3/16
15a<36	50 a <120	6	1/4
30a60	120a200	8	5/16
>60	> 200	10	3/8

A menos que de otro modo sea acordado por el comprador, las planchas del casco tendrán un espesor nominal mínimo de 1800 mm (72 plg.). Las planchas que serán soldadas a tope serán propiamente escuadradas.

Tabla 3.2. Espesores para planchas de fondo anular

Unidades SI				
Espesor nominal de plancha de 1er cordon (mm)	Esfuerzo prueba hidrostática 1er cordon del casco (MPa)			
	≤ 190	≤ 210	≤ 230	≤ 250
$t \leq 19$	6	6	7	9
$19 < t \leq 25$	6	7	10	11
$25 < t \leq 32$	6	9	12	14
$32 < t \leq 38$	8	11	14	17
$38 < t \leq 45$	9	13	16	19
Unidades US				
Espesor nominal de plancha de 1er cordon (plg)	Esfuerzo prueba hidrostática 1er cordon del casco (lb/in ²)			
	≤ 27,000	≤ 30,000	≤ 33,000	≤ 36,000
$t \leq 0.75$	1/4	1/4	9/32	11/32
$0.75 < t \leq 1.00$	1/4	9/32	3/8	7/16
$1.00 < t \leq 1.25$	1/4	11/32	15/32	9/16
$1.25 < t \leq 1.50$	5/16	7/16	9/16	11/16
$1.50 < t \leq 1.75$	11/32	1/2	5/8	3/4

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

Nota: los espesores especificados en la tabla, así como los espesores especificados, están basados sobre la cimentación proporcionando un soporte uniforme bajo todo el espesor de la plancha anular. Amenos que la cimentación sea propiamente compactada, particularmente cerca del interior de un aro de pared de concreto, su empleo produciría esfuerzos adicionales en la plancha anular.

El espesor de casco diseñado será calculado sobre la base de que el tanque está lleno a un nivel H cuya gravedad específica ha sido especificada.

La prueba hidrostática para el espesor del casco será calculada sobre la base de que el tanque está lleno a un nivel H con agua.

El esfuerzo calculado para cada cordón del casco no deberá ser mayor que el esfuerzo permisible del particular material usado para el cordón. El cordón del casco no deberá ser más delgado que el cordón por encima de él.

El fabricante deberá suministrar al comprador un plano que liste lo siguiente para cada cordón:

- (a) El espesor del casco requerido para las dos condiciones de diseño (incluyendo la tolerancia de corrosión) y la condición de prueba hidrostática.
- (b) El espesor nominal usado.
- (c) Las especificaciones del material.
- (d) Los esfuerzos permisibles.

Las cargas radiales aisladas sobre el casco del tanque, como aquéllas causadas por las cargas pesadas en las plataformas y las pasarelas de elevación entre los tanques, se distribuirán en las secciones estructurales roladas, lomo de las planchas, miembros montados.

3.6. CÁLCULO DE ESPESORES POR EL MÉTODO DEL 1ER PIE

El método 1-pie calcula el espesor requerido en el punto característico 0.3 m (1 pie) por encima del fondo de cada cordón del casco. El apéndice A permite sólo este método de diseño. Este método no se usará para los tanques mayores de 60 m (200 pies) de diámetro.

Los espesores mínimos requeridos de las planchas del casco serán mayores que los valores calculados por las fórmulas siguientes:

En las unidades del SI:

$$t_d = \frac{4.9D(H-0.3)G}{S_d} + CA$$

$$t_d = \frac{4.9D(H-0.3)}{S_t}$$

Donde:

t_d = espesor diseñado del casco, en mm,

t_t = espesor del casco de prueba hidrostática, en mm,

D = Diámetro nominal del tanque, en m

H = Nivel de diseño del líquido, en m,

= desde la base del cordón bajo consideración hasta la parte superior del casco incluyendo el ángulo superior, o; el fondo de cualquier sobre-flujo que limite la altura de llenado; o para cualquier otro nivel especificado por el comprador, restringido por un techo flotante interior, o controlado por la acción permitida de una onda sísmica.

G = gravedad específica de diseño del líquido será almacenado, especificado por el comprador.

CA = tolerancia de corrosión en mm,

S_d = esfuerzo admisible para la condición de diseño, en MPa .

S_t = esfuerzo admisible para las condiciones de prueba hidrostática, en MPa

En las unidades US:

$$t_d = \frac{2.6D(H-1)G}{S_d} + CA$$

$$t_d = \frac{2.6D(H-1)}{S_t}$$

Donde:

t_d = espesor diseñado del casco, en plg.

t_t = espesor del casco de prueba hidrostática, en plg.

D = Diámetro nominal del tanque, en pie.

H = Nivel de diseño del líquido, en pie.

= desde la base del cordon bajo consideración hasta la parte superior del casco incluyendo el ángulo superior, o; el fondo de cualquier sobre-flujo que limite la altura de llenado; o para cualquier otro nivel especificado por el comprador, restringido por un techo flotante interior, o controlado por la acción permitida de una onda sísmica.

G =gravedad especifica de diseño del líquido será almacenado, especificado por el comprador.

CA = tolerancia de corrosión en plg,

Sd =esfuerzo admisible para la condición de diseño, en (lb/plg²)

St =esfuerzo admisible para las condiciones de prueba hidrostática, en (lb/plg²)

Tabla 3.3. Materiales permisibles de planchas y esfuerzos admisibles

Especificación de la placa	Grade	Mínimo esfuerzo resistente MPa (psi)	Mínimo esfuerzo de tensión MPa (psi)	Producto Esfuerzo de diseño MPa (psi)	Esfuerzo de prueba hidrostática MPa (psi)
Especificaciones ASTM					
A 283M	C	205 (30,000)	380 (55,000)	137 (20,000)	154 (22,500)
A 285M	C	205 (30,000)	380 (55,000)	137 (20,000)	154 (22,500)
A 131M	A, B, CS	235 (34,000)	400 (58,000)	157 (22,700)	171 (24,900)
A 36M	—	250 (36,000)	400 (58,000)	160 (23,200)	171 (24,900)
A 131M	EH 36	360 (51,000)	490 ^a (71,000 ^a)	196 (28,400)	210 (30,400)
A 573M	400	220 (32,000)	400 (58,000)	147 (21,300)	165 (24,000)
A 573M	450	240 (35,000)	450 (65,000)	160 (23,300)	180 (26,300)
A 573M	485	290 (42,000)	485 ^a (70,000 ^a)	193 (28,000)	208 (30,000)
A 516M	380	205 (30,000)	380 (55,000)	137 (20,000)	154 (22,500)
A 516M	415	220 (32,000)	415 (60,000)	147 (21,300)	165 (24,000)
A 516M	450	240 (35,000)	450 (65,000)	160 (23,300)	180 (26,300)
A 516M	485	260 (38,000)	485 (70,000)	173 (25,300)	195 (28,500)
A 662M	B	275 (40,000)	450 (65,000)	180 (26,000)	193 (27,900)
A 662M	C	295 (43,000)	485 ^a (70,000 ^a)	194 (28,000)	208 (30,000)
A 537M	1	345 (50,000)	485 ^a (70,000 ^a)	194 (28,000)	208 (30,000)
A 537M	2	415 (60,000)	550 ^a (80,000 ^a)	220 (32,000)	236 (34,300)
A 633M	C, D	345 (50,000)	485 ^a (70,000 ^a)	194 (28,000)	208 (30,000)
A 633M	C, D	345 (50,000)	485 ^a (70,000 ^a)	194 (28,000)	208 (30,000)
A 678M	A	345 (50,000)	485 ^a (70,000 ^a)	194 (28,000)	208 (30,000)
A 678M	B	415 (60,000)	550 ^a (80,000 ^a)	220 (32,000)	236 (34,300)
A 737M	B	345 (50,000)	485 ^a (70,000 ^a)	194 (28,000)	208 (30,000)
Especificaciones CSA					
G40.21M	260W	260 (37,700)	410 (59,500)	164 (23,800)	176 (25,500)
G40.21M	300W	300 (43,500)	450 (65,300)	180 (26,100)	193 (28,000)
G40.21M	350WT	350 (50,800)	480 ^a (69,600 ^a)	192 (27,900)	206 (29,800)
G40.21M	350W	350 (50,800)	450 (65,300)	180 (26,100)	193 (28,000)
Norma Nacional					
	37	205 (30,000)	365 (52,600)	137 (20,000)	154 (22,500)
	41	235 (34,000)	400 (58,300)	157 (22,700)	171 (25,000)
	44	250 (36,000)	430 (62,600)	167 (24,000)	184 (26,800)
ISO 630					
E 275	C, D	265 (38,400)	61,900 (61,900)	170 (24,700)	182 (26,500)
E 355	C, D	345 (50,000)	71,000 ^a (71,000 ^a)	196 (28,400)	210 (30,400)

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

3.7. CÁLCULO DEL ESPESOR POR EL MÉTODO DEL PUNTO DE DISEÑO VARIABLE

El diseño por el método del punto de diseño variable entrega un espesor de casco cerca del punto de diseño que resulta en el cálculo de esfuerzos que son relativamente cercanos al real esfuerzo del casco circunferencial. Este método solo puede ser usado cuando el comprador no ha especificado que el método 1-pie se usa cuando lo siguiente es verdad:

En unidades SI:

$$\frac{L}{H} \leq \frac{1000}{6}$$

Donde:

$L = (500 Dt)^{0.5}$.en mm.

D =Diámetro del tanque en m.

t =Espesor del casco del cordon inferior (fondo),en mm.

H= Nivel máximo de diseño del líquido,en m.

En unidades US:

$$\frac{L}{H} \leq \frac{1000}{6}$$

Donde:

$L = (6Dt)^{0.5}$.en plg.

D =Diámetro del tanque, en pies.

t =Espesor del casco del cordon inferior (fondo),en plg.

H= Nivel máximo de diseño del líquido en pies.

El mínimo espesor de plancha para ambas condiciones y la condición de prueba hidrostática deberá ser determinado como se perfila. Completar, los cálculos independientes, debe hacerse para todos los cordones para la condición de diseño, exclusivamente de laguna tolerancia de corrosión, y para la condición de prueba hidrostática. El espesor requerido para cada cordón deberá ser mayor que para el diseño del espesor del casco más alguna tolerancia de corrosión o el espesor de casco a prueba hidrostática; pero el espesor total del casco no deberá ser menor que los espesores del casco requeridos Cuando un mayor espesor es usado

para un anillo del casco, el mayor espesor puede ser usado por cálculos subsecuentes de los espesores de los anillos del casco por encima del anillo que ha tenido el mayor espesor, con tal de que el mayor espesor se muestre con los requisitos de diseño del espesor .

Para el cálculo de espesor de anillos de fondo, los valores preliminares de tpd y tpt para las condiciones de diseño y prueba hidrostática primero serán calculados.

Los espesores de los anillos del fondo t_{1d} y t_{1t} para las condiciones de diseño y prueba hidrostática serán calculadas usando las formulas siguientes:

$$t_{1d} = (1.06 - \frac{0.463D}{H} \sqrt{\frac{HG}{s_d}}) \left(\frac{2.6HDG}{s_d} \right) + CA$$

Nota: para la condición de diseño, t_{1d} no necesita ser mayor que tpd.

$$t_{1d} = (1.06 - \frac{0.463D}{H} \sqrt{\frac{HG}{s_r}}) \left(\frac{2.6HDG}{s_r} \right)$$

Nota: para la condición de prueba hidrostática, t_{1t} no necesita ser mayor que tpt.

Para el cálculo del espesor del segundo cordon para ambas condiciones de diseño y la condición de prueba hidrostática, el valor de la siguiente relación deberá ser calculado para el cordon del fondo:

$$\frac{h_l}{(rt_l^{0.5})}$$

Donde:

h_l = peso del cordon del fondo del casco, en mm (plg).

r = radio nominal del tanque en mm (plg).

t₁ = espesor real del cordon del casco del fondo, menos cualquier espesor añadido por tolerancia de corrosión, en mm (plg), usado para calcular t₂ (diseño). El espesor total del cordon del fondo del casco deberá ser usado para calcular t₂ (prueba hidrostática).

Si el valor de la relación es menor o igual a 1.375

$$t_1 = t_2$$

Si el valor de la relación es mayor o igual a 2.625

$$t_2 - t_2 a$$

Si el valor de la relación es mayor que 1.375 pero menor que 2.625;

$$t_2 = t_2 a + (t_1 - t_2 a) \left[2.1 - \frac{h_1}{1.25(rt_1)^{0.5}} \right]$$

Donde:

t_2 = espesor de diseño mínimo del segundo cordon del casco excluyendo alguna tolerancia de corrosión.

$t_2 a$ = espesor del segundo cordon del casco, en mm (plg), tal como es calculado para un cordon superior del casco.

La precedente fórmula para t_2 está basada en el mismo esfuerzo admisible que es usado para el diseño de cordones inferiores y secundarios. Para tanques donde el valor de la relación es mayor que o igual a 2.625, el esfuerzo admisible para el segundo cordón puede ser más bajo que el esfuerzo admisible para el cordón del fondo.

Para calcular el espesor de un cordon superior para dos de las condiciones de diseño y la condición de prueba hidrostática, un valor preliminar t_u para el espesor del cordon superior deberá ser calculado usando las fórmulas y después la distancia x del punto variable de diseño desde el cordon del fondo deberá ser calculado usando el menor valor obtenido de lo siguiente:

En unidades SI:

$$X_1 = 0.61(r^{0.5}_{t_a}) + 320CH$$

$$X_2 = 1000CH$$

$$X_3 = 1.22(rt_a)^{0.5}$$

Donde:

t_u = espesor del cordon superior de la junta circular ,en mm.

$$C = [K^{0.5}(K - 1)] / (1 + K^{1.5})$$

$$K = t_L / t_u$$

t_L = espesor del menor cordon de la junta circular, en mm.

H = nivel de diseño del líquido

En unidades US:

$$X_1 = 0.61(r^{0.5}_{ta}) + 3.84CH$$

$$X_2 = 12CH$$

$$X_3 = 1.22(rt_a)^{0.5}$$

Donde:

t_u = espesor del cordon superior de la junta circular, en plg.

$$C = [K^{0.5}(K - 1)] / (1 + K^{1.5})$$

$$K = t_L / t_u$$

t_L = espesor del menor cordon de la junta circular, en plg.

H = nivel de diseño del líquido

El mínimo espesor t_x para anillo de casco superior será calculado para ambas, la condición de diseño (t_{dx}), y la condición de prueba hidrostática (t_{tx}) usando el mínimo valor de x

$$T_{dx} = \frac{2.6D(H - \frac{x}{12})}{S_d} + CA$$

$$T_{tx} = \frac{2.6D(H - \frac{x}{12})G}{S_l}$$

Valor calculado de t_x como t_u hasta allí está la pequeña diferencia entre los valores calculados de t_x en sucesión (repitiendo los pasos dos veces es normalmente suficiente). Repitiendo los pasos se proporciona una localización más exacta del punto de diseño para el cordon bajo consideración y, consecuentemente, un espesor de casco más exacto.

Los cálculos aplicación del método del punto de diseño variable para un tanque con un diámetro de 85 m (280 pies) y una altura de 19.2 m (64 pies) para determinar el espesor para la plancha del casco para los tres primeros cordones sólo para la condición de prueba hidrostática.

3.8. CALCULO DE ESPESORES POR EL ANÁLISIS ELÁSTICO

Para tanques donde L/H es mayor que 2, la selección de los espesores de casco se basará sobre un análisis elástico que muestra los cálculos de esfuerzos de casco circunferencial por debajo de los esfuerzos límites dados en la tabla 3-2. Las condiciones de limitación para el análisis asumirán un momento totalmente plástico causado por el resistimiento (punto de fluencia) de la plancha bajo el casco y el crecimiento radial nulo.

3.9. ABERTURAS DE CASCO

Los siguientes requisitos sobre aberturas de cascos, están orientadas a restringir el uso de accesorios a los previstos para ser fijados al casco mediante soldadura.

Aberturas cerca del fondo del casco del tanque tenderán a rotar con inclinación vertical del casco bajo carga hidrostática. Las aberturas de casco en áreas que tienen ligadas tuberías u otras cargas externas deberán ser reforzadas no solo para la condición estática si no también para lagunas cargas impuestas sobre las conexiones del casco por las restricciones de las tuberías vinculadas a la rotación del casco. Las cargas externas serán minimizadas o las conexiones del casco serán relocalizadas fuera del área de rotación.

El cortado o el oxy corte de superficies en cuellos de pozo de acceso (manhole), cuellos de boquilla, reforzamiento de planchas y planchas de aberturas de casco serán hechas uniformes y lisas con los anillos redondeados excepto donde las superficies están completamente cubiertas por soldadura.

La periferia de las planchas insertadas tendrá de 1:4 transiciones de adelgazamiento para los espesores, de las planchas del casco, adyacentes.

3.10. REFORZAMIENTO Y SOLDADURA

Aberturas en grandes cascos de tanques que se requieren para alojar NPS 2 bridados o con boquilla filetada deberán ser reforzados. Toda conexión de abertura de tanque que requiere refuerzo (por ejemplo, boquillas, pozos de acceso (Manhole), y aberturas de limpieza) serán juntas por soldadura con total penetración al casco.

La mínima área de la sección transversal del refuerzo requerido no deberá ser menor que el producto entre diámetro vertical de la cavidad cortada en el casco y el espesor nominal de la plancha, pero cuando los cálculos son hechos para un espesor máximo requerido considerando todo el diseño y condiciones de carga de prueba hidrostática, el espesor

requerido puede ser usado en lugar del espesor nominal de la plancha. El área transversal del reforzamiento deberá ser medida verticalmente, coincidente con el diámetro de la apertura.

Excepto para las conexiones y aperturas de tipo a ras, todos los reforzamientos efectivos deberán ser hechos dentro de una distancia por encima y debajo de la línea central de la apertura del casco igual a la dimensión vertical del agujero en la plancha del casco del tanque. El reforzamiento puede ser proporcionado por alguna o la combinación de lo siguiente:

a. La unión de bridas del accesorio.

b. El reforzamiento de la plancha.

c. La porción del cuello del accesorio que puede ser considerado como el reforzamiento.

d. Excepto para las conexiones y aperturas de tipo a ras, todos los reforzamientos efectivos deberán ser hechos dentro de una distancia por encima y debajo de la línea central de la apertura del casco igual a la dimensión vertical del agujero en la plancha del casco del tanque. El reforzamiento puede ser proporcionado por alguna o la combinación de lo siguiente:

e. La unión de bridas del accesorio.

f. El reforzamiento de la plancha.

g. La porción del cuello del accesorio que puede ser considerado como el reforzamiento

El esfuerzo agregado de la junta soldada a una accesorio de la plancha del casco, una plancha de reforzamiento intermedio, o ambos deberían ser menores o igual a la proporción del paso de fuerzas por lo menos a través del refuerzo entero que se calcula para pasar a través del accesorio.

El esfuerzo agregado de las uniones soldadas a cualquier plancha de refuerzo intermedio para la plancha de casco deberá ser por lo menos iguales a la proporción de los esfuerzos a través del refuerzo entero que es calculado para el paso a través del refuerzo de la plancha.

Tabla 3.4. Espesores de placas de cubierta de manhole los cascos y bridas empernadas

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9	Column 10
Max. Design Liquid Level m (ft) <i>H</i>	Equivalent Pressure ^a kPa (psi)	mínimo espesor de la plancha de cubierta				mínimo espesor de la brida empernada			
		500 mm (20 in.) Manhole	600 mm (24 in.) Manhole	750 mm (30 in.) Manhole	900 mm (36 in.) Manhole	500 mm (20 in.) Manhole	600 mm (24 in.) Manhole	750 mm (30 in.) Manhole	900 mm (36 in.) Manhole
6.4 (21)	63 (9.1)	8 (⁵ / ₁₆)	10 (³ / ₈)	11 (⁷ / ₁₆)	13 (¹ / ₂)	6 (¹ / ₄)	6 (¹ / ₄)	8 (⁵ / ₁₆)	10 (³ / ₈)
8.2 (27)	80 (11.7)	10 (³ / ₈)	11 (⁷ / ₁₆)	13 (¹ / ₂)	14 (⁹ / ₁₆)	6 (¹ / ₄)	8 (⁵ / ₁₆)	10 (³ / ₈)	11 (⁷ / ₁₆)
9.8 (32)	96 (13.9)	10 (³ / ₈)	11 (⁷ / ₁₆)	14 (⁹ / ₁₆)	16 (⁵ / ₈)	6 (¹ / ₄)	8 (⁵ / ₁₆)	11 (⁷ / ₁₆)	13 (¹ / ₂)
12 (40)	118 (17.4)	11 (⁷ / ₁₆)	13 (¹ / ₂)	16 (⁵ / ₈)	18 (¹¹ / ₁₆)	8 (⁵ / ₁₆)	10 (³ / ₈)	13 (¹ / ₂)	14 (⁹ / ₁₆)
14 (45)	137 (19.5)	13 (¹ / ₂)	14 (⁹ / ₁₆)	16 (⁵ / ₈)	19 (³ / ₄)	10 (³ / ₈)	11 (⁷ / ₁₆)	13 (¹ / ₂)	16 (⁵ / ₈)
16 (54)	157 (23.4)	13 (¹ / ₂)	14 (⁹ / ₁₆)	18 (¹¹ / ₁₆)	21 (¹³ / ₁₆)	10 (³ / ₈)	11 (⁷ / ₁₆)	14 (⁹ / ₁₆)	18 (¹¹ / ₁₆)
20 (65)	196 (28.2)	14 (⁹ / ₁₆)	16 (⁵ / ₈)	19 (³ / ₄)	22 (⁷ / ₈)	11 (⁷ / ₁₆)	13 (¹ / ₂)	16 (⁵ / ₈)	19 (³ / ₄)
23 (75)	226 (32.5)	16 (⁵ / ₈)	18 (¹¹ / ₁₆)	21 (¹³ / ₁₆)	24 (¹⁵ / ₁₆)	12.5 (¹ / ₂)	14 (⁹ / ₁₆)	18 (¹¹ / ₁₆)	21 (¹³ / ₁₆)

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

Tabla 3.5. Dimensiones para espesores de cuello de manhole del casco

espesor placa de casco y refo. de manhole <i>t</i> T	mínimo espesor del cuello ^{b,c} <i>t_n</i> mm (in.)			
	For Manhole Diameter 500 mm (20 in.)	For Manhole Diameter 600 mm (24 in.)	For Manhole Diameter 750 mm (30 in.)	For Manhole Diameter 900 mm (36 in.)
5 (³ / ₁₆)	5 (³ / ₁₆)	5 (³ / ₁₆)	5 (³ / ₁₆)	5 (³ / ₁₆)
6 (¹ / ₄)	6 (¹ / ₄)	6 (¹ / ₄)	6 (¹ / ₄)	6 (¹ / ₄)
8 (⁵ / ₁₆)	6 (¹ / ₄)	6 (¹ / ₄)	8 (⁵ / ₁₆)	8 (⁵ / ₁₆)
10 (³ / ₈)	6 (¹ / ₄)	6 (¹ / ₄)	8 (⁵ / ₁₆)	10 (³ / ₈)
11 (⁷ / ₁₆)	6 (¹ / ₄)	6 (¹ / ₄)	8 (⁵ / ₁₆)	10 (³ / ₈)
12.5 (¹ / ₂)	6 (¹ / ₄)	6 (¹ / ₄)	8 (⁵ / ₁₆)	10 (³ / ₈)
14 (⁹ / ₁₆)	6 (¹ / ₄)	6 (¹ / ₄)	8 (⁵ / ₁₆)	10 (³ / ₈)
16 (⁵ / ₈)	6 (¹ / ₄)	6 (¹ / ₄)	8 (⁵ / ₁₆)	10 (³ / ₈)
18 (¹¹ / ₁₆)	6 (¹ / ₄)	6 (¹ / ₄)	8 (⁵ / ₁₆)	10 (³ / ₈)

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

Tabla 3.6. Diámetro para diámetro de círculo de pernos D_b y diámetro de placa de cubierta D_c para Manhole de casco

Column 1	Column 2	Column 3
Diámetro manhole mm (in.)	Diámetro circular pernos D_b mm (in.)	Diámetro de placa de cubierta D_c mm (in.)
500 (20)	656 (26 ¹ / ₄)	720 (28 ³ / ₄)
600 (24)	756 (30 ¹ / ₄)	820 (32 ³ / ₄)
750 (30)	906 (36 ¹ / ₄)	970 (38 ³ / ₄)
900 (36)	1056 (42 ¹ / ₄)	1120 (44 ³ / ₄)

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

Las uniones soldadas al casco a lo largo de la periferia exterior de un accesorio bridado o plancha de refuerzo deberá ser considerada efectiva solo para las partes echadas fuera del área limitada por la línea vertical dibujada tangente a la apertura del casco; sin embargo, la soldadura periférica exterior se aplicará completamente al alrededor del reforzamiento. Toda la periferia interior deberá ser considerada efectiva. El esfuerzo de la unión soldada efectiva será considerado como la resistencia cortante a la soldadura cerca del valor de esfuerzo dado para soldadura de filete. El tamaño de la soldadura periférica exterior deberá ser igual al espesor de la plancha del casco o la plancha de reforzamiento; cualquiera que sea más delgado, pero no deberá ser mayor que 38 mm (1 1 / 2 plg.). Cuando se usan las boquillas del tipo-bajo con planchas de refuerzo que se extienden hasta al fondo del tanque (vea Tabla 3.6.), el tamaño de la porción de la soldadura periférica que une la plancha de reforzamiento a la plancha del fondo. La soldadura periférica interna será lo suficientemente grande para sostener el resto de la carga.

Cuando dos o más aperturas son localizadas de manera que los bordes exteriores (bordes de soldadura) de su soldadura de filete de la plancha de reforzamiento normal son cerrados de ocho veces el tamaño de la longitud de la soldadura de filete, con un mínimo de 150 mm (6 plg.), ellos serán tratados y reforzados como sigue:

- Todas estas aperturas incluirán una sola plancha de refuerzo que será proporcionada para la apertura más grande en el grupo.
- Si las planchas de refuerzo normal para las aperturas más pequeñas en el grupo, consideradas separadamente, caen dentro del área límite de la porción sólida de la plancha normal para la apertura más grande, las aperturas más pequeñas pueden ser

incluidas en las planchas normales para las aperturas más grandes sin un aumento en el tamaño de la plancha, con tal de que si cualquier apertura intercepta la línea central vertical de cualquier otra apertura, el ancho total del final de la plancha de reforzamiento a lo largo de la línea central vertical de su apertura no es menor que la suma de los espesores de las planchas normales para las aperturas involucradas.

- (c) Si las planchas de refuerzo normal para las aperturas más pequeñas en el grupo, consideradas separadamente, no caen dentro del área limitada de la porción sólida de la plancha normal para la apertura más grande, tamaño y forma del grupo plancha reforzamiento incluirán los límites exteriores de las planchas de reforzamiento normales para todas las aperturas en el grupo. Un cambio en el tamaño de los límites exteriores de la plancha normal para apertura más grandes o los límites exteriores de las aperturas más pequeñas alejadas de las aperturas más grande se llevará a cabo por elafilamiento recto uniforme a menos que la plancha normal para cualquier abertura intermedia se extienda más allá de estos límites, en que el caso de filamentos uniformes rectos se unirán a los límites exteriores de los varias planchas normales. Las previsiones del artículo b con respecto a las aberturas sobre la línea central misma o adyacente también se aplican en este caso.

3.11. ESPACIAMIENTO DE SOLDADURAS ALREDEDOR DE LAS CONEXIONES

Para soldaduras con esfuerzos no aliviados sobre planchas de casco por encima de 12.5 mm (1 / 2 plg.) de espesor, el espacio mínimo entre la penetración de conexiones y las uniones de la plancha del casco adyacente deberán ser gobernadas por lo siguiente:

- (a) El borde exterior o borde de la soldadura de filete alrededor de una penetración, alrededor de la periferia del espesor de una plancha insertada, o alrededor de la periferia de una plancha de reforzamiento se espaciará por lo menos un poco mayor de ocho veces el tamaño de la soldadura o 250 mm (10plg) desde la línea central de alguna unión soldada a tope del casco.
- (b) Las soldaduras alrededor de la periferia del espesor de una plancha insertada, alrededor del refuerzo de una plancha insertada, o alrededor de una plancha de refuerzo, deberán ser espaciadas por lo menos un poco mayor de ocho veces del tamaño de la soldadura de mayor longitud o 150 mm (6 plg) de cada otra.

Donde esfuerzos de alivio de la periferia de la soldadura se han realizado anterior al soldado de la unión del casco adyacente o donde una soldadura sin alivio de esfuerzo esta sobre una

plancha del casco menor o igual que 12.5 mm (1 / 2 plg.) de espesor, el espaciamiento puede ser reducido a 150 mm (6 plg.) desde la unión vertical o para las mayores de 75 mm (3 plg.) a 2 1 / 2 veces el espesor de casco de la unión horizontal. El espacio entre las soldaduras alrededor de la periferia de una plancha insertada o alrededor de una plancha de refuerzo será mayor de 75 mm (3 plg.) o 2 1 / 2 veces el espesor del casco.

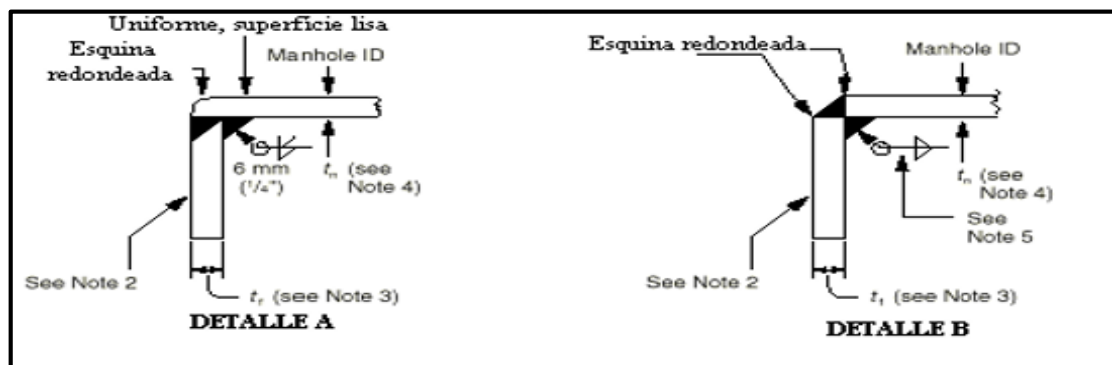
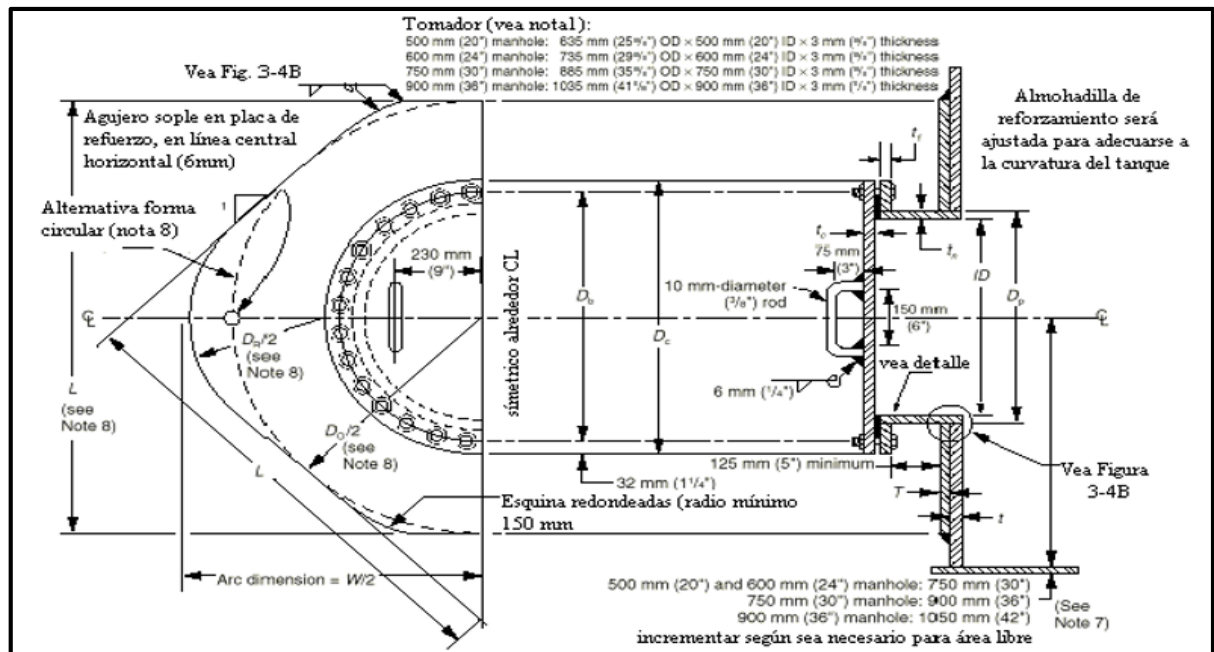


Figura 3.5. Manhole del casco

Fuente: "Basis of the New Criteria in ASME B31.8 for Prioritization and Repair of Mechanical Damage,"

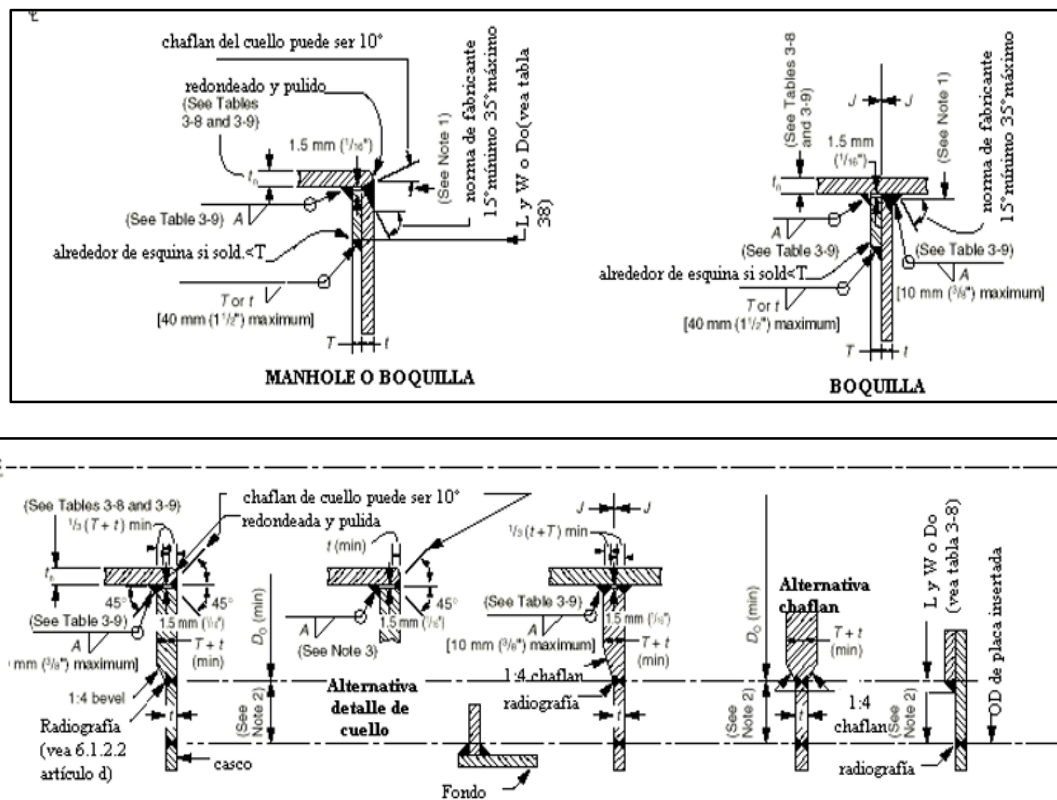


Figura 3.6. Reforzamiento tipo insertado para manholes y boquillas

Fuente: “Basis of the New Criteria in ASME B31.8 for Prioritization and Repair of Mechanical Damage,”

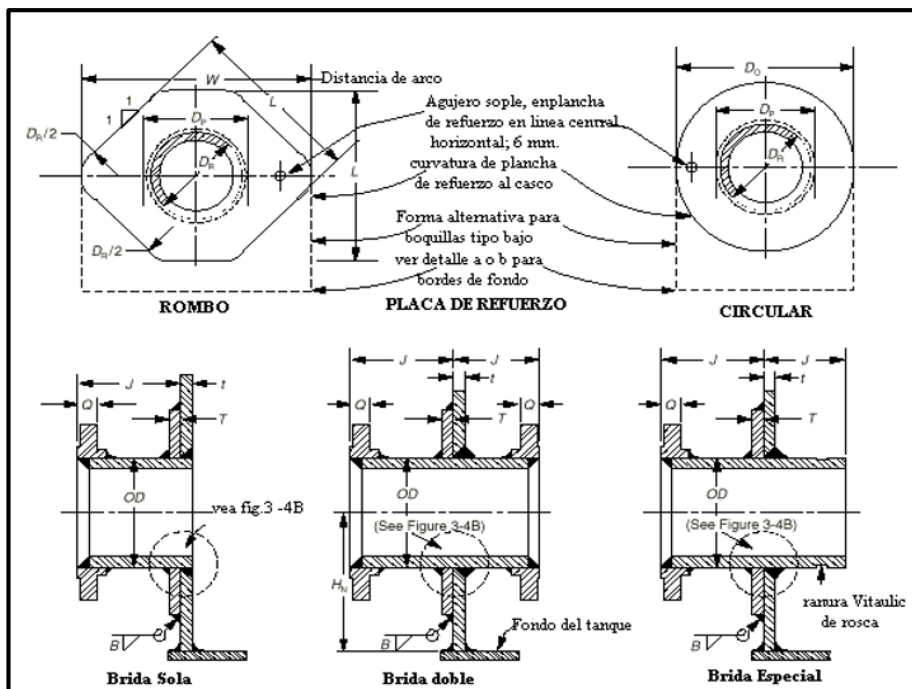
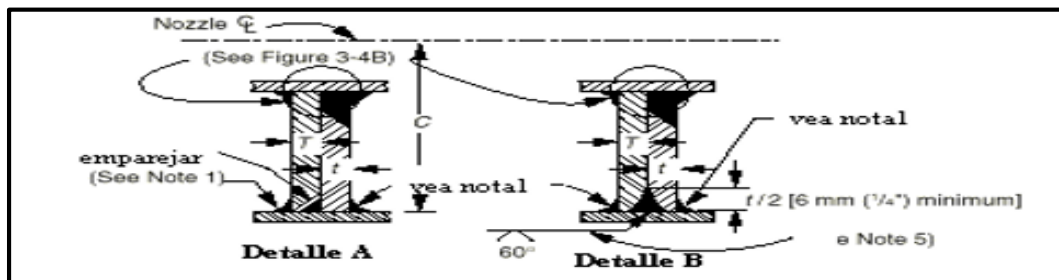


Figura 3.7.



Boquillas del casco

Fuente:

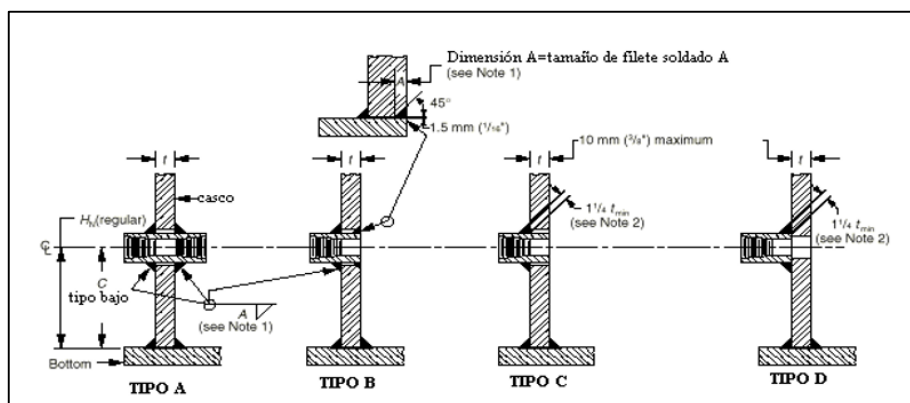


Figura 3.8. Boquillas del casco

Fuente: “Basis of the New Criteria in ASME B31.8 for Prioritization and Repair of Mechanical Damage,”

3.12. CONEXIONES DE CASCO TIPO A RAS

Los tanques pueden tener las conexiones del tipo a ras cerca del más bajo borde del casco.

Cada conexión puede hacerse a ras con el fondo a ras bajo las condiciones siguientes:

- a. El levantamiento del casco desde el diseño interior y pruebas de presión y viento y cargas debidas a terremotos se contrarrestarán para que ningún levantamiento le ocurriera a la junta de fondo cilíndrica casco-piso.
- b. El esfuerzo de la membrana vertical o meridional en el casco cilíndrico cerca de la parte superior de la apertura para la conexión tipo a ras deberá no exceder un décimo del esfuerzo de diseño circunferencial en el menor cordón del casco contenido por la apertura.
- c. El ancho máximo, b , de la conexión de la apertura tipo a ras en el casco cilíndrico deberá no exceder 900 mm (36 plg.). d. La altura máxima, h , de la apertura en el casco cilíndrico no excederá 300 mm (12 plg.). e. El espesor, t_a , de la plancha de transición (enlace) del fondo en el ensamble será 12.5 mm (1 / 2 plg.) mínimo o, cuando sea especificado, igual que el espesor de la plancha anular del tanque.

La conexión reforzada será completamente pre ensamblada dentro de la plancha del casco.

El ensamble completo incluyendo la plancha de casco conteniendo la conexión, será térmicamente aliviado de esfuerzos a temperatura de 600°C a 650°C (1100°F a 1200°F) durante 1 hora por 25 mm (1 plg.) de espesor de la plancha del casco.

Tabla 3.7. Espesores y alturas de planchas de reforzamiento de casco para accesorios de limpieza tipo a ras [mm (plg)]

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9	Column 10
espesor del cordon del casco más bajo t	máx. nivel de diseño del líquido m (ft) H	tamaño de abertura $b \times b$		altura x espesor					
		200 × 400 (8 × 16)		600 × 600 (24 × 24)		900 × 1200 (36 × 48)		1200 × 1200 (48 × 48)	
		espesor del casco y placa de refuerzo t_d	altura de la placa de refuerzo del casco L	espesor del casco y placa de refuerzo t_d	altura de la placa de refuerzo del casco L	esp. del casco y placa de refuerzo t_d	altura de la placa de refuerzo del casco L	esp. del casco y placa de refuerzo t_d	altura de placa de refuerzo del casco L
5 ($3/16$)	22 (72)	5 ($3/16$)	350 (14)	6 ($1/4$)	870 ($34 1/4$)	6 ($1/4$)	1300 ($51 1/4$)	6 ($1/4$)	1735 ($68 1/4$)
6 ($1/4$)	22 (72)	6 ($1/4$)	350 (14)	8 ($5/16$)	895 ($35 1/4$)	8 ($5/16$)	1345 (53)	8 ($5/16$)	1790 ($70 1/2$)
8 ($5/16$)	22 (72)	8 ($5/16$)	350 (14)	10 ($3/8$)	910 ($35 3/4$)	10 ($3/8$)	1370 (54)	10 ($3/8$)	1830 (72)
10 ($3/8$)	4.9 (16)	10 ($3/8$)	350 (14)	11 ($7/16$)	840 (33)	11 ($7/16$)	1325 ($52 1/4$)	11 ($7/16$)	1830 (72)
10 ($3/8$)	7.9 (26)	10 ($3/8$)	350 (14)	11 ($7/16$)	870 ($34 1/4$)	11 ($7/16$)	1370 (54)	13 ($1/2$)	1725 (68)
10 ($3/8$)	22 (72)	10 ($3/8$)	350 (14)	11 ($7/16$)	915 (36)	13 ($1/2$)	1295 (51)	13 ($1/2$)	1735 ($68 1/4$)
11 ($7/16$)	5.2 (17)	11 ($7/16$)	350 (14)	13 ($1/2$)	850 ($33 1/2$)	13 ($1/2$)	1320 (52)	13 ($1/2$)	1830 (72)
11 ($7/16$)	8.5 (28)	11 ($7/16$)	350 (14)	13 ($1/2$)	865 (34)	13 ($1/2$)	1370 (54)	14 ($9/16$)	1755 (69)
11 ($7/16$)	22 (72)	11 ($7/16$)	350 (14)	13 ($1/2$)	910 ($35 3/4$)	14 ($9/16$)	1320 (52)	14 ($9/16$)	1765 ($69 1/2$)
12.5 ($1/2$)	5.5 (18)	13 ($1/2$)	350 (14)	14 ($9/16$)	855 ($33 3/4$)	14 ($9/16$)	1315 ($51 3/4$)	14 ($9/16$)	1830 (72)
12.5 ($1/2$)	9.4 (31)	13 ($1/2$)	350 (14)	14 ($9/16$)	865 (34)	14 ($9/16$)	1370 (54)	16 ($5/8$)	1780 (70)
12.5 ($1/2$)	22 (72)	13 ($1/2$)	350 (14)	14 ($9/16$)	900 ($35 1/2$)	16 ($5/8$)	1335 ($52 1/2$)	16 ($5/8$)	1790 ($70 1/2$)
14 ($9/16$)	5.8 (19)	14 ($9/16$)	350 (14)	16 ($5/8$)	865 (34)	16 ($5/8$)	1310 ($51 1/2$)	16 ($5/8$)	1830 (72)
14 ($9/16$)	10 (34)	14 ($9/16$)	350 (14)	16 ($5/8$)	865 (34)	16 ($5/8$)	1370 (54)	18 ($1 1/16$)	1790 ($70 1/2$)
14 ($9/16$)	22 (72)	14 ($9/16$)	350 (14)	16 ($5/8$)	895 ($35 1/4$)	18 ($1 1/16$)	1340 ($52 3/4$)	18 ($1 1/16$)	1805 (71)
16 ($5/8$)	6.7 (22)	16 ($5/8$)	350 (14)	18 ($1 1/16$)	865 (34)	18 ($1 1/16$)	1310 ($51 1/2$)	18 ($1 1/16$)	1830 (72)
16 ($5/8$)	12 (40)	16 ($5/8$)	350 (14)	18 ($1 1/16$)	865 (34)	18 ($1 1/16$)	1370 (54)	19 ($3/4$)	1805 (71)
16 ($5/8$)	22 (72)	16 ($5/8$)	350 (14)	18 ($1 1/16$)	890 (35)	19 ($3/4$)	1345 (53)	19 ($3/4$)	1820 ($71 3/4$)
17 ($1 1/16$)	7.3 (24)	17 ($1 1/16$)	350 (14)	19 ($3/4$)	870 ($34 1/4$)	19 ($3/4$)	1300 ($51 1/4$)	19 ($3/4$)	1830 (72)
17 ($1 1/16$)	13 (44)	17 ($1 1/16$)	350 (14)	19 ($3/4$)	870 ($34 1/4$)	19 ($3/4$)	1370 (54)	21 ($1 3/16$)	1810 ($71 1/4$)
17 ($1 1/16$)	21 (70)	17 ($1 1/16$)	350 (14)	19 ($3/4$)	875 ($34 1/2$)	21 ($1 3/16$)	1340 ($52 3/4$)	21 ($1 3/16$)	1830 (72)
19 ($3/4$)	7.9 (26)	19 ($3/4$)	350 (14)	21 ($1 3/16$)	875 ($34 1/2$)	21 ($1 3/16$)	1310 ($51 1/2$)	21 ($1 3/16$)	1830 (72)
19 ($3/4$)	16 (51)	19 ($3/4$)	350 (14)	21 ($1 3/16$)	875 ($34 1/2$)	21 ($1 3/16$)	1370 (54)	22 ($7/8$)	1820 ($71 3/4$)
19 ($3/4$)	21 (70)	19 ($3/4$)	350 (14)	21 ($1 3/16$)	875 ($34 1/2$)	22 ($7/8$)	1335 ($52 1/2$)	22 ($7/8$)	1830 (72)
19 ($3/4$)	22 (72)	19 ($3/4$)	350 (14)	21 ($1 3/16$)	875 ($34 1/2$)	22 ($7/8$)	1340 ($52 3/4$)	22 ($7/8$)	1830 (72)
21 ($1 3/16$)	8.8 (29)	21 ($1 3/16$)	350 (14)	22 ($7/8$)	875 ($34 1/2$)	22 ($7/8$)	1315 ($51 3/4$)	22 ($7/8$)	1830 (72)
21 ($1 3/16$)	18 (60)	21 ($1 3/16$)	350 (14)	22 ($7/8$)	875 ($34 1/2$)	22 ($7/8$)	1370 (54)	24 ($1 5/16$)	1830 (72)
21 ($1 3/16$)	21 (70)	21 ($1 3/16$)	350 (14)	22 ($7/8$)	875 ($34 1/2$)	24 ($1 5/16$)	1335 ($52 1/2$)	24 ($1 5/16$)	1830 (72)
21 ($1 3/16$)	22 (72)	21 ($1 3/16$)	350 (14)	22 ($7/8$)	875 ($34 1/2$)	24 ($1 5/16$)	1335 ($52 1/2$)	24 ($1 5/16$)	1830 (72)
22 ($7/8$)	9.8 (32)	22 ($7/8$)	350 (14)	24 ($1 5/16$)	875 ($34 1/2$)	24 ($1 5/16$)	1315 ($51 3/4$)	24 ($1 5/16$)	1830 (72)
22 ($7/8$)	21 (70)	22 ($7/8$)	350 (14)	24 ($1 5/16$)	875 ($34 1/2$)	24 ($1 5/16$)	1370 (54)	25 (1)	1830 (72)
22 ($7/8$)	22 (72)	22 ($7/8$)	350 (14)	24 ($1 5/16$)	875 ($34 1/2$)	25 (1)	1325 ($52 1/4$)	25 (1)	1830 (72)
24 ($1 5/16$)	11 (36)	24 ($1 5/16$)	350 (14)	25 (1)	885 ($34 3/4$)	25 (1)	1320 (52)	25 (1)	1830 (72)
24 ($1 5/16$)	22 (72)	24 ($1 5/16$)	350 (14)	25 (1)	885 ($34 3/4$)	25 (1)	1365 ($53 3/4$)	27 ($1 1/16$)	1830 (72)
25 (1)	12 (41)	25 (1)	350 (14)	27 ($1 1/16$)	885 ($34 3/4$)	27 ($1 1/16$)	1320 (52)	27 ($1 1/16$)	1830 (72)
25 (1)	22 (72)	25 (1)	350 (14)	27 ($1 1/16$)	885 ($34 3/4$)	27 ($1 1/16$)	1355 ($53 1/4$)	28 ($1 1/8$)	1830 (72)
27 ($1 1/16$)	14 (46)	27 ($1 1/16$)	350 (14)	28 ($1 1/8$)	885 ($34 3/4$)	28 ($1 1/8$)	1325 ($52 1/4$)	28 ($1 1/8$)	1830 (72)
27 ($1 1/16$)	22 (72)	27 ($1 1/16$)	350 (14)	28 ($1 1/8$)	885 ($34 3/4$)	28 ($1 1/8$)	1340 ($52 3/4$)	30 ($1 3/16$)	1815 ($71 1/2$)
28 ($1 1/8$)	16 (52)	28 ($1 1/8$)	350 (14)	30 ($1 3/16$)	890 (35)	30 ($1 3/16$)	1325 ($52 1/4$)	30 ($1 3/16$)	1830 (72)
28 ($1 1/8$)	22 (72)	28 ($1 1/8$)	350 (14)	30 ($1 3/16$)	890 (35)	30 ($1 3/16$)	1325 ($52 1/4$)	32 ($1 1/4$)	1810 ($71 1/4$)
30 ($1 3/16$)	18 (58)	30 ($1 3/16$)	350 (14)	32 ($1 1/4$)	890 (35)	32 ($1 1/4$)	1325 ($52 1/4$)	32 ($1 1/4$)	1830 (72)
30 ($1 3/16$)	22 (72)	30 ($1 3/16$)	350 (14)	32 ($1 1/4$)	890 (35)	32 ($1 1/4$)	1325 ($52 1/4$)	33 ($1 5/16$)	1805 (71)
32 ($1 1/4$)	20 (64)	32 ($1 1/4$)	350 (14)	33 ($1 5/16$)	890 (35)	33 ($1 5/16$)	1335 ($52 1/2$)	33 ($1 5/16$)	1830 (72)
32 ($1 1/4$)	22 (72)	32 ($1 1/4$)	350 (14)	33 ($1 5/16$)	890 (35)	33 ($1 5/16$)	1335 ($52 1/2$)	35 ($1 3/8$)	1790 ($70 1/2$)
33 ($1 5/16$)	22 (72)	33 ($1 5/16$)	350 (14)	35 ($1 3/8$)	890 (35)	35 ($1 3/8$)	1335 ($52 1/2$)	35 ($1 3/8$)	1830 (72)
35 ($1 3/8$)	22 (72)	35 ($1 3/8$)	350 (14)	36 ($1 7/16$)	890 (35)	36 ($1 7/16$)	1335 ($52 1/2$)	36 ($1 7/16$)	1805 (71)
36 ($1 7/16$)	22 (72)	36 ($1 7/16$)	350 (14)	38 ($1 1/2$)	895 ($35 1/4$)	38 ($1 1/2$)	1340 ($52 3/4$)	38 ($1 1/2$)	1795 ($70 3/4$)
38 ($1 1/2$)	22 (72)	38 ($1 1/2$)	350 (14)	40 ($1 9/16$)	895 ($35 1/4$)	40 ($1 9/16$)	1340 ($52 3/4$)	40 ($1 9/16$)	1785 ($70 1/4$)
41 ($1 5/8$)	22 (72)	41 ($1 5/8$)	350 (14)	43 ($1 11/16$)	895 ($35 1/4$)	43 ($1 11/16$)	1340 ($52 3/4$)	—	—
45 ($1 3/4$)	22 (72)	45 ($1 3/4$)	350 (14)	49 ($1 15/16$)	895 ($35 1/4$)	49 ($1 15/16$)	1340 ($52 3/4$)	—	—

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

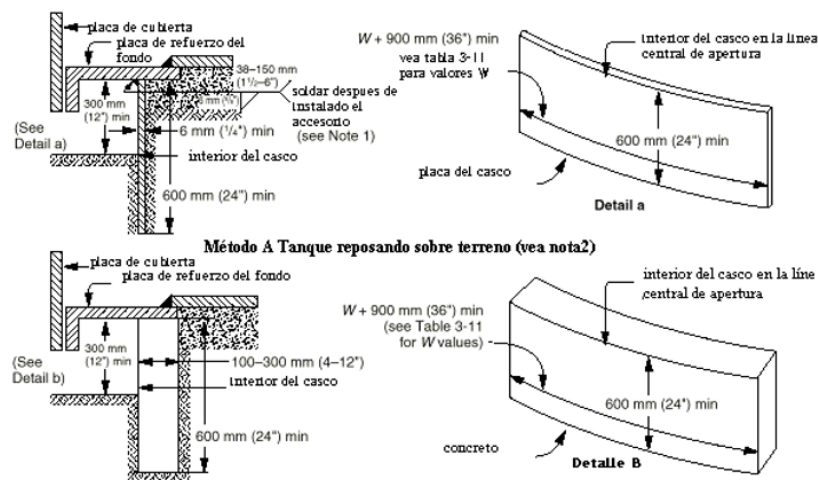


Figura 3.9. Soportes de accesorios de limpieza tipo a ras.

Fuente: “Basis of the New Criteria in ASME B31.8 for Prioritization and Repair of Mechanical Damage,”

Tabla 3.8. Dimensiones para conexiones al casco de tipo a ras.

Class 150	Altura de abertura	Grosor de abertura	Grosor de arco de placa de refuerzo del casco	radio de esquina superior de abertura	radio de esquina inferior de placa de refuerzo del casco
Altura nominal de tamaño de brida	h	b	W	r_1	r_2
8	200 (8 ^{5/8})	200 (8 ^{5/8})	950 (38)	100 ^a	350 (14)
12	300 (12 ^{3/4})	300 (12 ^{3/4})	1300 (52)	150 ^a	450 (18)
16	300 (12)	500 (20)	1600 (64)	150 (6)	450 (18)
18	300 (12)	550 (22)	1650 (66)	150 (6)	450 (18)
20	300 (12)	625 (25)	1725 (69)	150 (6)	450 (18)
24	300 (12)	900 (36)	2225 (89)	150 (6)	450 (18)

Fuente: The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe

El refuerzo para una conexión de casco de tipo a ras reunirá los siguientes requerimientos:

- El área de sección transversal del reforzamiento por encima de la conexión superior no será menor que $K1 \text{ ht}/2$ (vea 3.7.7.4).
- El espesor del plancha del casco, t_d , para las conexiones de ensamble a ras será por lo menos 1.5 mm (1 / 16 plg.) pero ninguno más que 3 mm (1 / 8 plg.) mayor que el espesor

de la plancha adyacente en el menor cordon del casco (excepto para la 200 mm x 200 mm (8 plg x 8 plg) abiertas, para la cual las planchas pueden ser de igual espesor.

- c. El espesor de la plancha de reforzamiento del casco será el mismo tal como el espesor de la plancha del casco en el ensamble conexión a ras.
- d. El refuerzo en el plano del casco serán proporcionadas dentro de una altura L sobre el fondo de la apertura. L no excederá 1.5h sólo que, en el caso de pequeñas aberturas, L - h no será menor de 150 mm (6 plg.). Donde esta excepción produce un L que es mayor que 1.5h, sólo la porción del refuerzo que está dentro de la altura de 1.5h será considerado eficaz.
- e. El refuerzo requerido puede proporcionarse por uno o cualquier combinación de lo siguiente:(1) la plancha de reforzamiento del casco (2) cualquier espesor de la plancha del casco en el ensamble que es mayor que el espesor de la plancha adyacente en el cordon más pequeño del casco, y (3) la porción del plancha del cuello que tiene una longitud igual al espesor de la plancha de refuerzo.
- f. El ancho de la plancha de reforzamiento del fondo del tanque cerca del centro de la línea de la apertura será 250 mm (10 plg.) más la combinación del espesor de la plancha del casco en el ensamble de la conexión a ras y la plancha de reforzamiento del casco. El espesor de la plancha de reforzamiento del fondo será calculado por la siguiente la ecuación.

En unidades de SI:

$$T_b = \frac{h^2}{360,000} + \frac{b}{170} \sqrt{HG}$$

Donde:

tb = el espesor mínimo de la plancha de reforzamiento del fondo, en mm.

h = la altura vertical de apertura libre, en mm.

b = la anchura horizontal de apertura libre, en mm,

H = el máximo nivel de diseño del líquido, en m.

G = la gravedad específica, no menor de 1.0.

En unidades US:

$$T_b = \frac{h^2}{14,000} + \frac{b}{310} \sqrt{HG}$$

Donde:

t_b = el espesor mínimo de la plancha de reforzamiento del fondo, en plg.

h = la altura vertical de apertura libre, en plg.

b = la anchura horizontal de apertura libre, en plg.

H = el máximo nivel de diseño del líquido, ven pie.

G = la gravedad específica, no menor de 1.0.

El valor mínimo de t_b será:

16 mm (5 / 8 plg.) para $HG \leq 14.4$ m (48 pies),

17 mm (11 / 16 plg.) para 14.4 m (48 pies) $< HG \leq 16.8$ m (56 pies),

19 mm (3 / 4 plg.) para 16.8 m (56 pies) $< HG \leq 19.2$ m (64 pies).

- g. El espesor mínimo de la boquilla del cuello y pieza de transición, t_n , será 16 mm (5 / 8 plg.). Las cargas Externas aplicadas para la conexión pueden exigir t_n sea mayor que 16 mm (5 / 8 plg.).

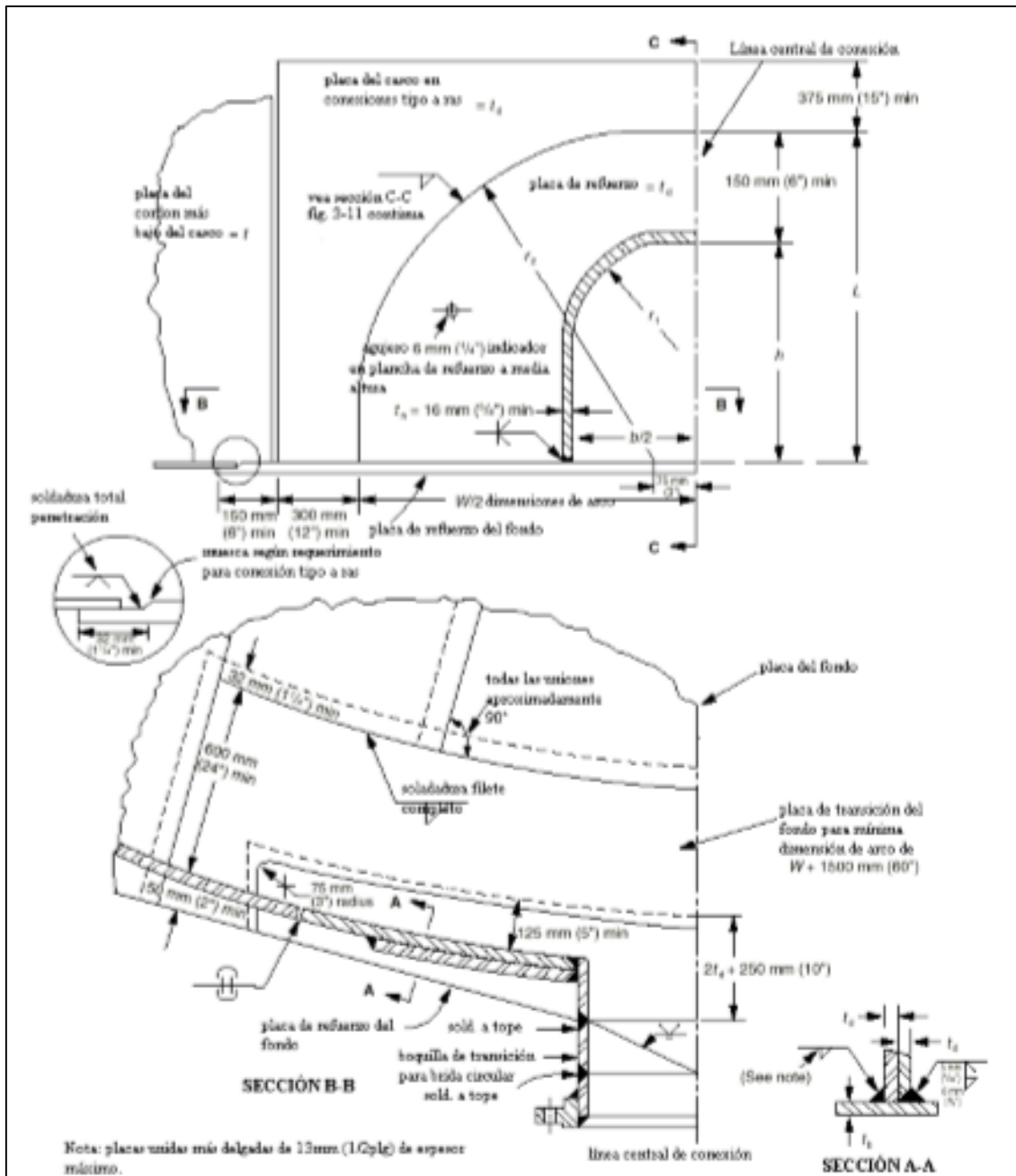


Figura 3.11. Conexión de casco de tipo a ras

Fuente: “Basis of the New Criteria in ASME B31.8 for Prioritization and Repair of Mechanical Damage,”

El material en la plancha del casco en la conexión ensamblada, la plancha de refuerzo, y la pieza de transición de la boquilla será de acuerdo a 2.2.9 y Figure 2-1 para el respectivo espesor cerca de la declarada temperatura de diseño del metal para el tanque, y el esfuerzo del material será consistente con el esfuerzo del material del casco. El material por la brida empernada y el perno.

La transición de la boquilla entre la conexión a ras en el casco y la brida de tubería circular deberá ser diseñada de manera consistente con los requerimientos de esta norma. Donde esta norma no cubre todo los detalles de diseño y construcción, el fabricante proporcionará detalles de diseño y construcción.

En donde sean fijados los dispositivos requeridos por los Apéndices E y F para resistir el levantamiento del casco, los dispositivos se espaciarán de manera que sean localizados inmediatamente después de cada lugar de las planchas de refuerzo alrededor de la apertura.

La prevención adecuada se hará para el movimiento libre de las tuberías conectadas para minimizar empujes y momentos aplicados a la conexión del casco. La tolerancia se hará para la rotación de la conexión del casco causada por la restricción del fondo del tanque al crecimiento de los esfuerzos y temperatura en el casco así como para los movimientos térmicos y elásticos de la tubería. La rotación de la conexión del casco es mostrada en la Figura 3.11.

La cimentación en el área de una conexión tipo a ras será preparada para soportar la plancha de refuerzo del fondo de la conexión. La cimentación para el tanque descansando sobre una pared de anillo se proporcionará con un apoyo uniforme para los dos, para la plancha de reforzamiento del fondo y para la plancha de fondo restante debajo del casco del tanque. Diferentes métodos de soporte de las planchas de soporte para la plancha de refuerzo de fondo bajo una conexión de tipo a ras son mostrados en la figura 3.9.

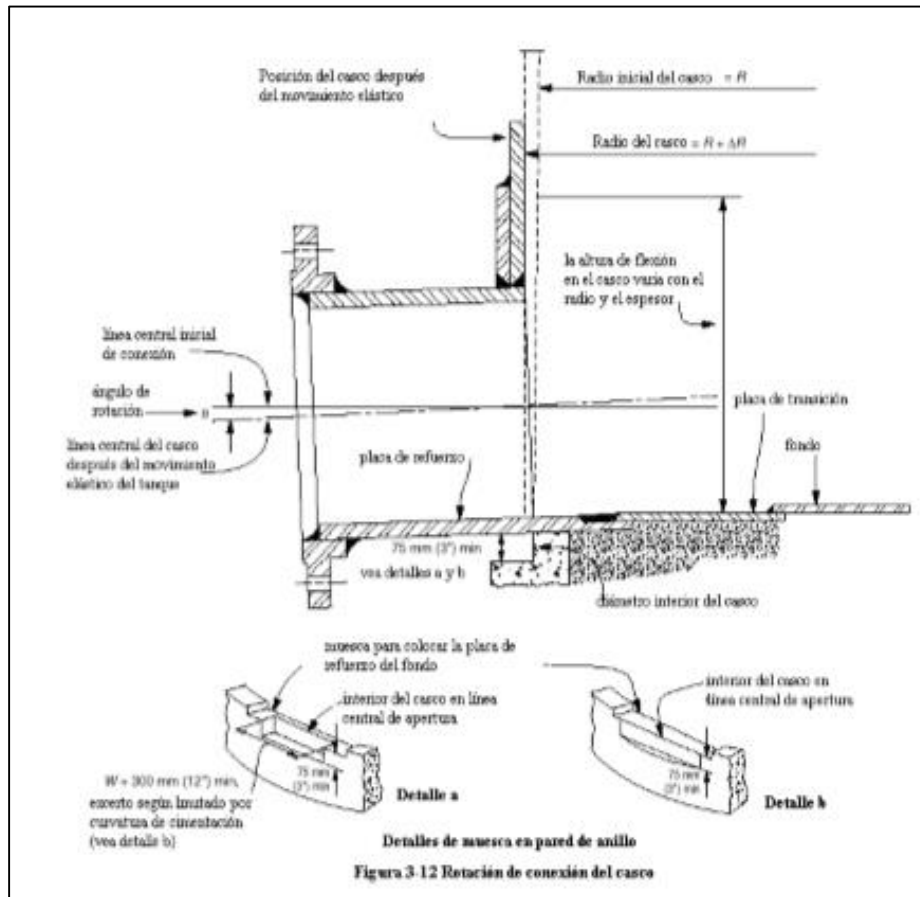


Figura 3.12. Rotación de conexión de casco

Fuente: “Basis of the New Criteria in ASME B31.8 for Prioritization and Repair of Mechanical Damage,”

Toda soldadura a tope longitudinal en el cuello de la boquilla y la pieza de transición, si la hay, y la primera soldadura a tope circunferencial en el cuello más cerca al casco, excluyendo la soldadura de brida a cuello, recibirá 100% de examinación radiográfica. Las boquillas para tanque-casco y soldaduras de planchas de refuerzo y las planchas de reforzamiento de fondo a casco serán examinadas para su longitud completa por examinación de partículas magnéticas. La examinación por partículas magnéticas será realizada sobre el paso de la raíz, sobre cada 12.5 mm (1 / 2 plg.) de metal de aporte depositado mientras la soldadura se efectúa y sobre la soldadura completa. La examinación de la soldadura completada será realizada después del alivio de esfuerzos pero antes de la prueba hidrostática.

CAPITULO IV

BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA LAS OBRAS CIVILES

4.1. OBJETO

El objetivo del presente documento consiste en establecer las consideraciones y criterios de diseño civil para la construcción del tanque lavador de 2000 Bls en la Estación de Bombeo 172 de Pariñas, en concordancia con los procedimientos, normas y códigos aplicables a este proyecto.

4.2. ALCANCE

La construcción del tanque de 2000 Bls en la Estación de Bombeo 172, se encuentra ubicado en la zona de Pariñas, Provincia de Talara, Departamento de Piura.

Para el desarrollo de la Ingeniería de Detalle, en el diseño civil se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Anillo de concreto para tanque de almacenamiento de crudo.
- Muro de Contención para tanque de 2000 bls

4.3 NORMAS APLICABLES

La ejecución de los trabajos se realizará de acuerdo con lo establecido en los siguientes estándares, códigos, normas y especificaciones técnicas del Proyecto en su última edición y/o revisión:

- Reglamento Nacional de Construcciones (RNC)
- Requisito de reglamento para el Concreto Estructural ACI 318S-05.

4.4. TAREAS A REALIZAR

Entre las tareas a realizar para el desarrollo del proyecto tenemos:

4.4.1. Movilización y Desmovilización

El CONTRATISTA deberá suministrar y transportar al sitio de la obra, el equipo de construcción y todas las herramientas necesarias para la ejecución de los trabajos. Los costos asociados deberán ser reflejados en las partidas del contrato.

Al terminar la obra EL CONTRATISTA procederá a la desmovilización de sus equipos, obras preliminares y restituir el sitio a satisfacción del cliente. Los costos asociados a ésta

actividad deberán ser reflejados en las partidas del contrato.

4.4.2. Trazo y Replanteo

Este trabajo consiste en materializar sobre el terreno, las medidas y ubicación de todos los elementos que existan en los planos, sus niveles, así como establecer marcas y señales fijas de referencia.

Los ejes deben ser fijados en el terreno permanentemente mediante estacas o balizadas es necesario llevar GPS y/o visor óptico para ubicar las coordenadas Geográficas, pendientes, niveles, antes y después de la construcción del anillo de concreto.

En estas especificaciones se establecen los trabajos necesarios para la nivelación, secciones transversales, referenciación y monumentación. Procedimiento para la ejecución:

1. Se iniciará el trabajo localizando todas las referencias que se encuentren en el terreno y sus linderos. Localizadas las referencias, se señalarán en forma clara y visible o se restablecerán fuera de los límites de la construcción a fin de evitar su destrucción por el paso de las máquinas. Se utilizarán al menos dos (2) referencias topográficas fijas.
2. A continuación, se demarcarán los linderos del terreno con estacas altas (pintadas con colores distintos para corte y relleno).
3. Efectuada la limpieza se procederá a replantear y nivelar, señalándose el espesor de material a remover y se colocarán las estacas de talud.
4. Todas las estacas de talud irán acompañadas de una estaca de referencia donde se anotarán: El corte o relleno y la progresiva. Estas estacas se sitúan siempre a una distancia fija (1 ó 2 metros) de la estaca talud y hacia afuera de la zona de corte o relleno, a fin de evitar que sean destruidas por el paso de las máquinas.
5. A medida que avanza el replanteo, EL CONTRATISTA irá solicitando de la verificación y aprobación escrita, sin cuyo requisito no podrá iniciar trabajo alguno.
6. Al finalizar los trabajos de movimiento de tierras, los puntos de interés, vértices, linderos, indicados por los planos del proyecto deberán ser monumentados.

4.4.3. Excavaciones

- **Detección de Metales:**

Es el conjunto de actividades necesarias para detectar las tuberías enterradas u otros elementos existentes en el área de desarrollo del proyecto. En caso de que se encontrase tuberías enterradas u otros elementos durante la ejecución de los trabajos, notificará de

inmediato a la OPERADORA con la finalidad de evaluar cada situación en particular desde el punto de vista técnico y administrativo.

- **Excavaciones para Banqueo:**

Comprende todos los trabajos de excavación, transporte y compactación del terreno natural, con el fin de lograr las cotas y secciones transversales establecidas en el proyecto. Los ensayos (CBR, Proctor, Densidad de Campo, etc.) serán responsabilidad de EL CONTRATISTA el cual deberá ejecutarlos a sus propias expensas, con sus propios equipos y personal.

Procedimiento para la ejecución:

1. Una vez ejecutados los trabajos de topografía, limpieza y detección de metales se procederán a ejecutar las excavaciones para banqueo de acuerdo a las secciones y cotas de topografía modificadas indicadas en los planos de proyecto.
2. El ritmo de las operaciones de banqueo deberá ajustarse al rendimiento del equipo de compactación, y al programa de obra previamente establecido.
3. Conjuntamente con el avance del banqueo se irá ejecutando el trabajo de conformación de taludes, de acuerdo con las pendientes dadas en los planos, a fin de que la superficie del talud resulte un único plano o un conjunto de planos y no queden en ella materiales sueltos que puedan originar derrumbes.
4. Cuando los materiales resultantes de la excavación no sean adecuados a juicio del supervisor de la OPERADORA. éste podrá ordenar el bote de esos materiales y sustituirlos por otros que estime adecuados, aunque estos últimos no estuviesen contemplados en el proyecto.
5. La apertura y conservación de caminos de acceso de vías provisionales para el transporte de materiales, será por exclusiva cuenta de EL CONTRATISTA, quien se encargará a su vez de conservarlas y mantenerlas en buen estado, sin generar polvos ni molestias en el desarrollo de los trabajos. Cualquier daño por este concepto será por exclusiva cuenta de EL CONTRATISTA. La ruta seleccionada por EL CONTRATISTA deberá someterse a la aprobación de la supervisión de la OPERADORA.

Las tolerancias admisibles para la conformación final y acabado de los banqueos serán las siguientes: Para cualquier punto, la diferencia de nivel máxima permisible respecto al dato

de proyecto será de 0,02 metros. Para puntos en la base de los taludes la diferencia de nivel permisible será de 0,10 metros.

Las excavaciones no señaladas en los planos se consideran sobre excavaciones que EL CONTRATISTA tendrá que rellenar y compactar a sus expensas si la inspección lo considera necesario.

- Bote:

Se ejecutará todo el trabajo de bote de los materiales sobrantes o indeseables (tierra, escombros o roca). Se incluye la carga, la descarga y arreglo (extendido, compactación a paso de máquina, reperfilado, etc.) del sitio de bote. El material a ser botado deberá permanecer en el sitio de trabajo el menor tiempo posible. El sitio de bote será donde no afecte las labores de construcción y futura operabilidad del mismo. El lugar exacto del sitio de bote será indicado por la OPERADORA.

LA OPERADORA se reserva el derecho de cambiar el sitio de bote durante el transcurso de la ejecución de los trabajos. Procedimientos para la Ejecución del trabajo:

1. Comprende carga y descarga en el lugar indicado, de todo el material sobrante o no apto para rellenos, según éste los ordene o autorice. En el Sitio de Bote el material será colocado y extendido en capas no mayores de 30 cm. compactadas a paso de máquina.
2. En especial, se tomará las precauciones para evitar el arrastre del material depositado por la acción de corrientes de agua.
3. Las vías o caminos que seguirá el equipo entre el Sitio de Trabajo y el Sitio de Bote serán determinados de común acuerdo con la OPERADORA, quien deberá aprobarlos antes de iniciarse los trabajos. La apertura y conservación de caminos de acceso hacia el Sitio de Bote será por exclusiva cuenta de EL CONTRATISTA.
4. En cualquier caso, dichos caminos deben ser las vías más cortas y practicables entre los dos centros de gravedad.

4.4.4 Concreto

Este título comprende todos los trabajos requeridos para la elaboración, vaciado, vibrado, acabado y cura de obras de concreto, los cuales deben ser ejecutadas según lo que se establece en estas especificaciones y en un todo de acuerdo con lo fijado en el Contrato de la Obra.

- **Materiales**

El concreto se compondrá de cemento Portland tipo I que cumpla con las normas ASTM C-150, agregado fino, agregado grueso y agua, proporcionado y mezclado en las condiciones que aquí se especifican.

El agregado fino consistirá en arena natural o artificial, formada por partículas duras y durables, con menos de 1% de arcilla, carbón o materia orgánica. La gradación del agregado fino estará comprendida dentro de los siguientes límites.

Tabla 4.1. Porcentaje pesos que pasa por los cedazos

Cedazos	% en Peso que Pasa los Cedazos
3/8"	100
Nº 4	95 -100
Nº 16	80 -95
Nº 50	10 -30
Nº 100	2 -10
Nº 200	2 -4

Fuente: Elaboración propia.

Previa autorización de la OPERADORA, se podrá reducirse los porcentajes del material que pasa los cedazos números 50 y 100 a 5 ó 0 respectivamente, o podrá mezclarse la arena con materiales finos, libre de materia orgánica, en el caso que no contenga suficientemente material que pase por esos cedazos. El módulo de finura del agregado fino estará comprendido entre 2,3 y 3,1.

El agregado grueso consistirá en grava, piedra o grava picada o una mezcla de estos materiales. Estará formado por cantos duros y durables, libres de adherencias. Las cantidades de sustancias perjudiciales que contenga el agregado grueso no excederán los siguientes porcentajes en peso:

Tabla 4.2. Porcentajes de Materiales Agregados

Fragmentos blandos y descompuestos	4%
Carbón y material vegetal	1%
Terrones de arcillas	0,25%
Material que pasa el cedazo Nº200	1%
Cantos delgados y alargados de longitud mayor de 5 veces el grupo medio	15%

Fuente: Elaboración propia.

El agregado grueso al ser ensayado a la abrasión por el método “Los Angeles” no deberá tener un desgaste mayor del 15% después de ½ minuto, no mayor de 50% después de 1-1/2 minutos.

El agregado grueso tendrá un tamaño menor de la mitad del espesor de la capa de concreto y su gradación estará comprendida dentro de los siguientes límites, de no especificarse otras en el proyecto:

Tabla 4.3. Porcentaje de Peso que Pasa los cedazos por grupos

Cedazos	% en Peso que Pasa los Cedazos	
	Grupo I	Grupo II
2-1/2"	100	-
2"	95-100	100
1-1/2"	-	95-100
1"	35-70	-
3/4"	-	35-70
1/2"	10-30	-
3/8"	-	10-30
Nº 4	0.5	0.5

Fuente: Elaboración Propia.

Cuando se use el material del Grupo I, se suministrará el agregado en dos porciones separadas de 2-1/2" a 1" al Nº 4, si se usara el material del Grupo II, la separación se efectuará de 2" al 3/4" y del 3/4" al Nº 4.

En concretos que vayan a estar expuestos a la humedad, los agregados finos y gruesos no deberán contener materiales que reaccionen químicamente con los álcalis del cemento, en cantidades que causen expansión excesiva del concreto.

El agua a usar en la elaboración y curado del concreto debe ser potable y no debe contener aceite, ácidos o materias orgánicas. Cuando en el proyecto se especifique o permita el empleo de aditivos para producir concretos con aire arrastrado, se indicarán al mismo tiempo los aditivos admisibles, que en todo caso deberán cumplir las especificaciones C-226 de la ASTM. El aditivo se agregará en cada tercio disuelto en una porción del agua del tercio.

Procedimiento para la Ejecución:

1. El cemento será almacenado en un local que lo proteja adecuadamente contra la acción de los agentes atmosféricos y la humedad, de modo que permita fácil acceso para su inspección adecuada y la identificación de cada lote.

2. El agregado fino se almacenará separadamente en pilones independientes para los diferentes tamaños y procedencias. Se tomarán las precauciones debidas al efectuar la carga y descarga para evitar la segregación, así como en dichas operaciones se mezcle el agregado con tierra o sustancias extrañas.
3. Los huecos involuntarios serán rellenados con mortero de cemento inmediatamente después del desencofrado.
4. Las marcas producidas por los elementos de unión del encofrado, bien sean alambres, pernos, etc., serán eliminadas de la siguiente manera:
 - Si no están expuestos a la vista o a la intemperie, se nivelan con concreto.
 - Si están expuestos a la vista o a la intemperie, se removerá el concreto en por menos 2 cm. El vacío resultante será rellenado con mortero de cemento.
5. La operación de acabado superficial será demorada en lo posible por lo menos hasta que el concreto se haya endurecido lo suficiente para que el agua y el material fino no se adhiera a la superficie de la llana. Un acabado superficial excesivo mientras el concreto está aún suave y plástico resulta en una superficie menos resistente pudiendo ocasionar agrietamientos. No se permitirá el rociado de cemento seco en las superficies mojadas para eliminar el exceso de agua.
6. Se definen cuatro clases de superficies de concreto acabado:
 - Clase A: Superficie predominante expuesta a la vista, donde la apariencia tiene especial importancia.
 - Clase B: Superficie destinada a recibir un acabado posterior.
 - Clase C: Superficie permanentemente expuesta al ambiente o a flujos de agua.
 - Clase D: Superficie en que la rugosidad o acabado mínimo no tiene importancia.
7. Se definen como irregularidades abruptas, las producidas por desplazamiento, movimiento, rotura o des alineamiento de los encofrados. Las irregularidades graduales son las producidas por el elevamiento de las superficies del encofrado, o cualquier variación paulatina del plano del encofrado.
8. Las siguientes, son las irregularidades máximas no acumulativas permisibles en una superficie de concreto, al chequear el acabado con una regla de 1,50 m de longitud colocada e cualquier posición sobre la superficie evaluada:

Irregularidad	Clase de Superficie			
	A	B	C	D
Gradual	3 mm	6 m m	12 mm	25 mm
Abrupta	3 mm	6 m m	6 mm	25 mm

4.4.5 Acero de Refuerzo

El acero está especificado en los planos en base a su carga de fluencia $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$.

Este título comprende el suministro, transporte, doblado, corte y colocación del acero de refuerzo, según lo que se establece en estas Especificaciones y en un todo de acuerdo con lo fijado en el contrato de la obra.

Las presentes Especificaciones establecen, los requerimientos para barras o cabillas de refuerzo y mallas de refuerzo.

Las barras de refuerzo deberán cumplir con lo indicado en la Norma ASTM-A 496-85

Las mallas de refuerzo deberán cumplir con lo indicado en la Norma ASTM A497-86. El calibre del alambre y las dimensiones de la malla serán las que muestren los planos.

El acero de barras, así como cualquier otro material requerido para la colocación de refuerzos de acero, será suministrado o transportado al sitio de colocación por el CONTRATISTA.

Procedimiento para la Ejecución:

1. El acero se almacenará clasificado por su tipo y diámetro, en cobertizos que lo separen de la humedad y colocándolo sobre plataformas (paletas) que lo separen del suelo.
2. Antes de colocar el acero en los encofrados, se limpiará totalmente, hasta dejarlo libre de óxido, mortero, aceite, polvo o cualquier materia extraña que pueda reducir su adherencia. Si al almacenarlo demasiado tiempo en obra, el acero se oxidase excesivamente, será rechazado y sustituidos por acero en buen estado.

3. Las barras de refuerzo cualquiera que sea su diámetro, deberán doblarse en frío para darle la forma que fijen los planos. Las barras con irregularidades o torceduras serán desechadas.
4. Las barras de refuerzo se colocarán como lo muestren los planos y serán atadas firmemente en las intersecciones con alambre N° 14 y mantenidas en posición con espaciadores, o dados de concreto o plástico.
5. No se permitirá colocar las cabillas sobre las capas de concreto fresco ni usar soportes metálicos que se extiendan hasta la superficie del concreto.
6. Las barras de refuerzo guardarán la separación exacta que indiquen los planos, pero en ningún caso la distancia neta entre dos barras será menor de 2 ½ veces su diámetro ni menor de 5 cm.
7. Las mallas de refuerzo serán desenrolladas antes de vaciar el concreto y se mantendrán firmemente en su sitio por medio de implementos aprobados por el supervisor de la OPERADORA de modo de evitar movimientos verticales o transversales.

4.4.6 Encofrados

Los encofrados deben tener la capacidad suficiente para resistir la presión resultante de la colocación y vibrado del concreto. El diseño e ingeniería del encofrado, así como su construcción, es responsabilidad del CONTRATISTA.

Las formas deberán ser herméticas para prevenir la filtración del mortero y serán debidamente arriostradas o ligadas entre sí de manera que se mantengan en la posición y forma deseada, con seguridad.

En general las formas no deberán quitarse hasta que el concreto haya endurecido lo suficiente como para soportar con seguridad su propio peso y los pesos superpuestos que puedan colocarse sobre él. Procedimiento para la Ejecución:

1. El proyecto y diseño de las cimbras y encofrado de cualquier estructura será ejecutado por el CONTRATISTA, quién suministrará las copias necesarias a, en el entendido que ello no relevará de responsabilidad al CONTRATISTA por los resultados que se obtengan.
2. Todo encofrado será de madera o metal y será construido con rigidez suficiente para prevenir deformaciones debidas a la presión del concreto y otras cargas incidentales durante la construcción. Deberá ser igualmente suave, impermeable y acorde con las líneas y

pendientes señaladas en los planos. En su diseño se preverá los efectos de la vibración del concreto.

3. Los encofrados para superficies expuestas deberán ser de madera cepillada de espesor uniforme. Todas las esquinas vivas se chaflanearán o biselarán y en el caso de proyecciones se la dotará de un bisel o tirante que facilita su remoción.
4. El encofrado permanecerá colocado el tiempo que indican estas especificaciones. Cuando se presente algún defecto, sea antes o durante el vaciado, el Ingeniero detendrá el trabajo hasta que el defecto haya sido corregido.
5. Todo encofrado que se use por más de una vez, deberá conservar en todo momento la forma, resistencia, rigidez, impermeabilidad y suavidad de superficie.
6. Antes de iniciar el vaciado, el encofrado deberá ser revisado y todo el polvo, virutas o cualquier otro material extraño removido en su interior. Antes de depositar el concreto en el encofrado, su interior será totalmente cubierto con una película de aceite de alta penetración, y que no deje residuos que puedan ser absorbidos por el concreto.
7. En la determinación del tiempo para la remoción de las cimbras y encofrado, se tomarán en cuenta la localización y carácter de la estructura, las condiciones climatológicas y en general todas las circunstancias que influyen en el tiempo de fraguado.
8. No se permitirá el uso de ningún método de desencofrado que cause esfuerzos suplementarios en el concreto y en general las formas se removerán de abajo hacia arriba. El desencofrado se efectuará de modo tal de asegurar que el concreto pueda tomar uniforme y gradualmente los esfuerzos debidos a su peso propio.

4.4.7 Dosificación

El concreto para todas las partes de la obra, deberá ser de la calidad especificada en los planos capaz de ser colocado sin segregación excesiva y cuando se endurece debe desarrollar todas las características requeridas por estas especificaciones.

El esfuerzo de compresión especificado del concreto (f_c') para cada porción de la estructura indicada en los planos, estará basado en la fuerza de compresión alcanzada a los 28 días, a menos que se indique otro tiempo diferente. Procedimiento para la Ejecución:

1. La dosificación del concreto se basará en la obtención de una resistencia fija o en el uso de una porción fija de cemento. En ambos casos la resistencia será la que fije el proyecto y la mezcla se determinará mediante ensayos de laboratorio, hasta obtener una mezcla de trabajabilidad, plasticidad y resistencia satisfactoria.

2. Durante la construcción se harán los controles de la dosificación de la mezcla que sean necesarios para mantener el asentamiento previsto.
3. Después de establecida o aprobada la dosificación de la mezcla, la supervisión de controlará en la obra, la resistencia del concreto.
4. No se admitirán cambios en los saques ni en las características de los materiales, sin previa autorización de., quien en estos casos, si lo estima necesario, requerirá una nueva dosificación.
5. El concreto podrá elaborarse en la obra y vaciarse directamente.
6. La dosificación de los materiales que componen la mezcla, se determinará por peso, o por volumen. El CONTRATISTA proveerá equipos de dosificación en buenas condiciones, provistos de artefactos de medición apropiados.
7. Para pesar los materiales se usarán balanzas que deberán tener la aprobación del Ingeniero Inspector, quién la verificará periódicamente.
8. La capacidad de las balanzas no deberá exceder a la del tamaño comercial más próximo al 1-1/2 veces la cantidad de material que debe ser pesado en una operación.
9. El cemento será pesado en un recipiente individual y se mantendrá separado de los agregados, hasta que los ingredientes del terceo estén listos para ser descargados en la mezcladora.
10. Cuando al sitio de preparación del concreto confluyan suministros separados de agregados del mismo tamaño, pero de diferentes contenidos de humedad o de gravedad específica, se deberá terminar completamente con cada tipo antes de comenzar con el otro.

4.4.8 Mezclado

El mezclado en obra será efectuado con máquinas mezcladoras aprobadas por la inspección. Una vez aprobada la máquina mezcladora, ésta se deberá mantener en perfecto estado operativo y usarse de acuerdo a las especificaciones del fabricante. La tanda de agregados y cemento deberá colocarse cuando en él se encuentre ya parte del agua de la mezcla, El resto del agua deberá ser colocada gradualmente. El tiempo mínimo de mezclado será 1.5 minutos.

El concreto será mezclado sólo para uso inmediato. Cualquier concreto que haya comenzado a endurecer o fraguar sin haber sido empleado, se eliminará. Procedimiento para la Ejecución:

1. El agua comenzará a entrar a la mezcladora inmediatamente antes de introducir el cemento y los agregados y terminará al estar todos los materiales en el tambor. El

volumen de concreto por terceo, no excederá en más de un 10% de la capacidad registrada de la mezcladora.

2. El contenido de la mezcladora deberá salir por completo del tambor antes de que los materiales para el terceo sean introducidos en el mismo.
3. El mezclado continuará después de que todos los ingredientes estén en la mezcladora por un período no menor de 1.5 minuto, excepto cuando se empleen camiones mezcladores, en cuyo caso el tambor del camión deberá dar por lo menos 50 revoluciones a la velocidad de mezclado, antes de poder obtener la mezcla.
4. No se permitirá el uso de concreto parcialmente fraguado o reamasado mediante la adición de agua, luego de iniciado el fraguado de la mezcla.
5. Cuando el CONTRATISTA decida usar concreto premezclado, deberá hacer los arreglos necesarios para prevenir demoras en el recibo y vaciado del concreto. Un intervalo de más de 45 minutos entre dos terceos consecutivos, o un recibo y vaciado menor de 6 metros cúbicos por hora, será causa para detener el trabajo por el resto del día y el Ingeniero Inspector podrá ordenar la ejecución de juntas de construcción a riesgo y costo del CONTRATISTA.
6. El concreto se vaciará de modo tal de evitar la segregación de los materiales que lo componen, así como el desplazamiento del refuerzo metálico. El uso de canaletas, conductos o tubos para llevar el concreto de la mezcladora a las formaletas, sólo se permitirá con autorización de la OPERADORA, y en el caso de que su uso produzca variaciones en la calidad del concreto, la OPERADORA podrá prohibirlo y ordenar la utilización de un método adecuado.

4.4.9 Vaciado

El concreto debe ser vaciado continuamente, o en capas de un espesor tal que ningún concreto sea depositado sobre una capa endurecida lo suficiente que pueda causar la formación de costuras o planos de debilidad dentro de la sección.

El concreto no se depositará directamente contra el terreno, debiéndose preparar solados de concreto antes de la colocación de la armadura. Procedimiento para la Ejecución:

1. El concreto deberá ser colocado en capas horizontales no mayores de 30 cm de espesor y cada capa deberá ser colocada y compactada antes de que el bache o capa precedente haya comenzado a fraguar, a fin de evitar la formación de superficies de separación o juntas de construcción entre capas.

2. En todos los sitios que indiquen los planos o el programa de trabajo, se colocarán juntas de construcción. Si las juntas no están indicadas en los planos o en el caso de alguna emergencia que justifique su construcción, se harán en la forma que indique la supervisión de OPERADORA, dotándolas de barras de refuerzo inclinadas para transmitir los esfuerzos de corte y garantizar una completa unión entre ambas partes. La colocación del concreto será continua de junta a junta y las caras y bordes de las juntas que queden expuestas a la vista serán terminadas cuidadosamente.
3. Cuando el concreto nuevo haya de ser adherido a concreto existente, se procederá a limpiar la superficie de suciedad o áridos que hayan quedado sueltos y se removerá la capa superficial de mortero, dejando los áridos al descubierto; a continuación se saturará la superficie con agua. Inmediatamente antes de proceder a la colocación del concreto nuevo, se removerá el exceso de agua, se revestirá la superficie con una capa fina de pasta de cemento puro trabajada con un cepillo duro y luego se vaciará el concreto. El recubrimiento de pasta de cemento puro podrá omitirse si la lechada ha de ser colocada sobre un bloque de concreto para nivelación de equipo.
4. En los climas calientes, se tomarán medidas para reducir la evaporación de agua prestándose la adecuada atención a los ingredientes, métodos de producción, manejo, colocación, protección y curado. Bajo estas condiciones, se considerará el uso de aditivos retardadores del fraguado.

4.4.10 Consolidación

Toda la consolidación del concreto se efectuará por vibración. El concreto deberá ser trabajado a la máxima densidad posible, debiendo evitarse la formación de bolsas de aire. En la vibración de cada estrato de concreto fresco, el vibrador debe operar en posición vertical y la inmersión será tal que permita penetrar y vibrar el espesor total del estrato y penetrar en la capa inferior del concreto fresco.

No se podrá iniciar el vaciado de una nueva capa antes de que la inferior haya sido completamente vibrada. Procedimiento para la Ejecución:

1. Durante el vaciado de concreto se le deberá compactar totalmente por vibración mecánica. Esta será interna, a menos que exista una autorización especial para usar otro método. Los vibradores serán del tipo y diseño aprobado por el supervisor de la OPERADORA, capaces de transmitir al concreto, vibraciones a frecuencias no menores de 4.500 impulsos por minuto.

2. El CONTRATISTA suministrará el número suficiente de vibradores necesarios para compactar cada bache, inmediatamente de ser colocado en la formaleta. Los vibradores se manejarán de modo que trabajen totalmente el concreto alrededor del refuerzo y en las esquinas y ángulos de las formaletas, deberán ser introducidos y retirados del concreto para compactarlo totalmente, pero cuidando de no producir segregación y se hará en puntos espaciados uniformemente, separados una distancia no mayor que dos veces el radio sobre el cual es visiblemente efectiva.
3. La vibración no deberá ser aplicada directamente a través del esfuerzo a sectores o capas de concreto que se hayan endurecido hasta el punto de que deje de mostrarse plástico bajo los efectos de la vibración. No se permitirá el uso de los vibradores para transportar el concreto dentro de las formaletas.

4.4.11 Elementos Embebidos en el Concreto

Todos los manguitos, insertos, anclajes, tuberías, etc., que deban dejarse en el concreto serán colocados y fijados firmemente en su posición definitiva, antes de iniciarse el llenado del mismo.

4.4.12 Curado

El curado del concreto debe iniciarse tan pronto como sea posible, con el fin de protegerlo del secamiento prematuro, temperaturas excesivamente altas, y debe ser mantenido con la menor pérdida de humedad a una temperatura relativamente constante por el período necesario para la hidratación del cemento y endurecimiento del concreto. Procedimiento para la Ejecución:

1. Una vez vaciado el concreto, este deberá mantenerse húmedo por medios adecuados por lo menos siete días. el agua que se use para el curado deberá llenar las mismas especificaciones que se indican para el agua de mezclado.
2. EL CONTRATISTA, a su elección, podrá proponer el uso de una membrana de curado, la cual deberá ser aprobada por la supervisión de la OPERADORA
3. Para superficies de concreto que no estén en contacto con las formas se aplicará un rociado continuo o se aplicará una capa de arena mantenida constantemente húmeda.

4.4.13 Pruebas

Cuando lo considere necesario, la supervisión de la OPERADORA, solicitará se efectúen las pruebas necesarias de los materiales, agregados, diseños de mezcla propuestos, y

concreto resultante, para verificar el cumplimiento con los requisitos técnicos de las especificaciones de obra. Procedimiento para la Ejecución:

1. La inspección podrá pedir cada cierto período de tiempo razonable que los agregados de concreto sean sometidos a ensayo según lo indicado en estas especificaciones.
2. Los materiales propuestos para la elaboración del concreto serán sometidos a ensayo para asegurar su adaptación de concreto y sometidos a ensayo para asegurar su adaptación a esta especificación.
3. Durante la construcción, los ensayos de resistencia del concreto serán llevados a cabo según los siguientes procedimientos:
 - Las muestras de concreto fresco serán tomadas en el sitio de trabajo según lo especificado en ASTM Norma C-172. Cada muestra será obtenida de una amasada diferente de concreto escogido al azar, evitando seleccionar una amasada de prueba distinta, a la que se obtendrá por medio de una escogencia al azar antes del comienzo del vaciado de concreto.
 - Por cada muestra se moldearán y curarán probetas según lo especificado en ASTM Norma C-31.
 - Las muestras serán sometidas a ensayo según ASTM Norma C-39. Dos de las muestras serán ensayadas a los 28 días para ratificar su resistencia y una será ensayada a los 7 días para propósitos de control. Los resultados de los ensayos serán el promedio de las resistencias de las dos muestras ensayadas a los 28 días. Si una de las dos muestras presenta evidencias de muestreo, moldeado o prueba inapropiados, será descartada y la cuarta muestra será sometida a ensayo según lo indique la supervisión. En los casos en que se utilice concreto de resistencia elevada temprana, las muestras serán sometidas a los 3 y 7 días.
 - Por lo menos se realizará un ensayo de resistencia (4 muestras) por cada 75 m³, o fracción pertinente, de cada clase de concreto colocado en cualquiera de los días.
 - Se determinará el asentamiento de la muestra de concreto por cada ensayo de resistencia y se determinará toda variación en la consistencia del concreto. Los ensayos de asentamiento se adaptarán a la Norma ASTM C 143.
1. El nivel de resistencia del concreto se considerará como satisfactorio cuando el promedio de tres ensayos de resistencia consecutivos resulte igual o mayor a la resistencia a la compresión especificada a los 28 días y que ninguno de los resultados

de los ensayos de resistencia individuales sea inferior a la resistencia especificada en más de 35 kg/cm².

2. El hecho de que las muestras ensayadas no cumplan con lo antes mencionado puede resultar en la remoción o reemplazo del concreto al que represente dicha muestra, siempre sujeto al juicio y discreción de la supervisión de la OPERADORA.
3. Bajo la dirección de la supervisión de la OPERADORA las muestras cilíndricas perforadas serán obtenidas del área de la estructura considerada potencialmente deficiente y preparadas y sometidas a ensayo según lo establecido en la Norma ASTM C
4. Se someterán a ensayo por lo menos tres muestras. Si la resistencia promedio de tres muestras es igual o mayor a un 85% de la resistencia especificada y la resistencia de cualquier muestra es no menos de 75% de la resistencia especificada, el concreto se considerará como adecuado. El concreto que no cumpla con estos requisitos será removido o fortalecido según las instrucciones impartidas por la supervisión de la OPERADORA

4.5. DISEÑO DE SIFON

El nivel de la interfase en un tanque lavador se consigue mediante un sifón o pierna de equilibrio regulable que nos permite regular el tiempo de residencia de los fluidos de acuerdo con la variación de los caudales de entrada, purgando la cantidad necesaria de agua para mantener el nivel predeterminado.

4.5.1. Cantidad de agua purgada (Q AP)

$$Q_{AP} = \frac{Q (\% \text{ Agua Formación} + \% \text{ Agua Lavado} - \% \text{ Agua Eliminada en Tratador})}{100}$$

Donde:

Q = Caudal de petróleo sin tratar

% AF = % Agua formación respecto A Q.

% AL = % Agua lavado respecto A Q.

% AT = % Agua eliminada en tratadores termicos respecto A Q.

% AF = 20, Por datos de diseño.

% AL = 10, de acuerdo a caudal bomba agua lavado.

% AT = 0, Estimado no requiere tratador en la planta

Q_{Max} = 5,000 BPD = 795 M³/D.

$$Q_{AP} = \frac{795 (20+10-0)}{100} = 238.5 \text{ M}^3/\text{dia}$$

4.5.2. Diámetro de purga de agua (cm)

Las salidas de las boquillas están basadas en una máxima velocidad de 1.8 m/s. Asumiendo una velocidad de 1.4 m/s.

$$D_{PA} = 0.324 (238.5)^{0.5} = 5.08 =$$

$$D_{PA} = 2.01'' = 3'' \text{ Como mínimo (7.62 cm)}$$

Teniendo en cuenta las ampliaciones y consideraciones constructivas, se mantiene a 3''

4.5.3. Altura mínima de la salida del sifon de agua de purga (m)

$$H_{SP} = 0.038 \times 7.62 = 0.29m \text{ Como mínimo } 12''$$

En los detalles de accesorio de tanques esta especificada esta altura

4.5.4. Altura neta de trabajo

Donde:

$$H_{UP} = \text{Altura útil del tanque} = 10.2 \text{ mts}$$

$$H_{UP} = \text{Altura útil del tanque} = 9.8 \text{ mts}$$

4.5.5. Altura máxima de rebalse en el sifón

$$G_o = 141.5 / (131.5 + 36) = 0.845$$

$$H_{max} = \frac{0.34 \times 9.8 \times 0.845 + 0.66 \times 9.8 \times 1.024}{1.024}$$

$$H_{max} = 9.21 \text{ mts}$$

4.5.6. Altura mínima de rebalse en el sifón

$$H_{min} = \frac{0.66 * 9.8 * 0.845 + 0.34 * 9.8 * 1.024}{1.024}$$

$$H_{min} = 8.67$$

4.5.7. Carrera del sifón

$$H_{max} - H_{min} = 9.21 - 8.67 = 0.54$$

4.5.8. Altura de la cresta máxima en el sifón (cm)

$$H_{Cm} = 17.34 \text{ cm}$$

4.6. DISEÑO DEL DESGASIFICADOR

Existen 3 posibles fuentes de gas en el tanque lavador.

- Gas libre
- Gas liberado por la despresurización desde la última etapa de separación a la presión atmosférica.
- Gas generado por calentamiento del crudo.

Para nuestro caso no es necesario usar el tratador térmico.

4.7. DATOS PARA EL CALCULO DE GAS GENERADO POR GRAVEDAD

GLR: 65 SCF/BLS

Gas Producido: $60 \times 5000 = 325,000 \text{ SCFD}$

4.8. TOTAL GAS AL DESGASIFICADOR:

$$Q_t = 325,000 \text{ SCFD} = 8704.08 \text{ NM}^3\text{D}$$

4.9. VELOCIDAD del gas dentro del separador atmosférico:

$$G_l = F_o * G_o + F_w * G_w = 0.88$$

$$G_g = 0.11$$

$$V_t = 0.0119 ((54.90-0.11)/0.11*100/C_d)^{1/2} = 0.31 \text{ m/seg}$$

4.10. ÁREA DEL SEPARADOR POR SEPARACIÓN DEL GAS (M2):

$$A_s = 8704.08 / (86,400 * 0.31) = 0.325 \text{ M}^2$$

4.11. DIÁMETRO DEL SEPARADOR POR RETENCIÓN DE GAS (M):

$$D_s = 64.32 = 25.33''$$

$$D_s = 30''$$

4.12. TIEMPO DE RETENCIÓN DEL LÍQUIDO PARA UNA BUEN DESGASIFICACION

Calculo de API.

$$API = 141.5 / 0.845 - 131.5 = 36$$

Con este dato y usando la gráfica. Se obtiene:

$$T_r = 1 \text{ minuto}$$

4.13. VOLUMEN DE RETENCIÓN DE LÍQUIDO.

$$V_r = Q (1 + 10/100) * 0.5 / 1440 = 0.3036 \text{ M}^3$$

$$V_r = 0.3036 \text{ M}^3$$

4.14. Diámetro del separador por retención de líquido.

Se adopta una altura de líquido en el separador igual al diámetro

$$D_s = ((4 * 0.3036) / 3.1416)^{0.5} = 24.47''$$

En este caso $D_s < D_g$, luego escogemos:

$$D = 30''$$

Por ser este diámetro menor que la retención de gas se selecciona este diámetro

4.15. Longitud del DESGASIFICADOR

Asumimos tres puntos siete veces el diámetro

$$L_D = 3.7 \times D_s = 3.7 \times 76.2 = 2.82 \text{ Mts.}$$

**4.16. VELOCIDAD DE DESCENSO DENTRO DE LA COLUMNA DEL
DESGASIFICADOR (m/s).**

$$V_{ELD} = 0,25 + \frac{Q \left(1 + \frac{\%AL}{100} \right)}{100,000} = 0,2676 \text{ m/s.}$$

$$\text{VEL D} = 0.25 + Q(1 + \%AL/100)/100000 = 0.258745 \text{ m/seg}$$

4.17. SECCION COLUMNA DE DESGASIFICADOR

$$SC = 795 * 1.10 * 1/86400 / 0.258745 = 0.039118 \text{ M}^2$$

4.18. DIAMETRO COLUMNA DE DESGASIFICADOR- BOTA (cm.)

$$DCD = (4 * SC / 3.1416)^{0.5} * 100 = 22.32 = 8.79''$$

Diámetro seleccionado

$$DCD = 10''$$

**4.19. DIAMETRO DE ENTRADA AL DESGASIFICADOR-
BOQUILLAS.**

Velocidad de entrada al desgasificador.

$$V_{ED} = 1.32 \text{ MT/SEG}$$

Diámetro mínimo de entrada a desgasificador

$$DIN: 6.22$$

Usaremos tubo de 8" de diámetro.

$$D_{ED} = 15,79 \text{ cm.} = 6 \frac{1}{4}'' \phi$$

CAPITULO VI

EVALUACION ECONOMICA

6.1 PARAMETROS ECONOMICOS

Precio del crudo: 60 \$/BL

Interés del proyecto: 11.7%

Multas por alto contenido de sal > 10 lbs /1000 bls: \$/. 4000

Números de multas = 03/Mensual = 36/Anual = \$/.144 M

Costo Operativo: 0.2 \$/ bls

Recuperación de crudo por mejora en el Tk Lavador: 0.20%

Producción normal de crudo: 2500 bls

Inversión total: \$/.210 M

Tiempo: 10 años

PROYECTO MEJORA EN TANQUE LAVADOR N°172 PARIÑAS									
Evaluación Económica									
Inversiones :	Cantidad	Costo (Mus\$)	%	Ahorro	Mus\$				11.7%
Tanque Lavador	1	150.00	150.0	Multas Anual	144.0	3 multa x mes de \$/4,000			
Muro de Contención	1	50.00	50.0						
Sub Total			200.0						
Imprevistos (5%)			10.0						
Total			210.00	Total					

Precio de Crudo	60.0
Produccion Diaria	2500.0
Total Producción	912.5
Costo Operativo	0.2
Producción recuperada x mejora de tk lavador	0.20%

	Año	Ingresos	Egresos	Flujo Caja	FCA	FCAA		
2006	0		210.0	-210.0	-210.0	-210.0		
2007	1	253.5	66.7	186.8	167.2	-42.8		
2008	2	194.4	61.3	133.0	106.6	63.8	VAN	611
2009	3	190.3	56.4	133.9	96.1	159.9	TIR	74%
2010	4	186.6	51.9	134.7	86.5	246.4	PAY-OUT	1.26
2011	5	183.2	47.8	135.5	77.9	324.3		años
2012	6	180.1	43.9	136.1	70.1	394.4		
2013	7	177.2	40.4	136.8	63.0	457.5		
2014	8	174.5	37.2	137.3	56.7	514.1		
2015	9	172.1	34.2	137.9	50.9	565.1		
2016	10	169.9	31.5	138.4	45.8	610.8		
2017	11							

Mus\$

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

De acuerdo a la evaluación económica el proyecto es rentable

VAN: 611 Mus\$

TIR: 74%

PAY-OUT: 1.26 AÑOS

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La ventana considerada para el colchón de agua máximo y crudo mínimo son 66% y 34%, de igual manera para el colchón mínimo de agua 34% y el crudo máximo es 66%
- El sifón se ha regulado mediante un tornillo dentro del sifón para regular el colchon de crudo y agua ver plano
- La velocidad de entrada del fluido es impactada sobre platos esparcidores para reducir la velocidad de entrada al tanque lavador
- El diámetro de la bota de es de 10” y el de la entrada de la boquilla 8”
- La construcción del tanque lavador con el nuevo diseño evitara el drenaje manual por el operador botando y contaminando el medio ambiente de la capa freática de la quebrada Pariñas
- No se ha considerado el uso de Tratador térmico, por no ser necesario.
- Se recomienda modificar y construir un nuevo Tanque Lavador por ser una mejora en el tratamiento de crudo

BIBLIOGRAFIA

1. API RP 1160“Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines”, Second edition , September ,2013
2. API 5 CT “Specification for Casing and Tubing”, 9th Edition, June 2011.
3. Tenaris “Manual de uso de Casing y Tubing”
4. Rosenfeld, M. J., J. W. Pepper, and K. Leewis, “Basis of the New Criteria in ASME B31.8 for Prioritization and Repair of Mechanical Damage,” Proceedings of IPC2002, Paper IPC2002-27122, Fourth International Pipeline Conference, Calgary, Alberta, Canada, September 29 to October 3, 2002.
5. Kiefner, J. F., and C. R. Alexander, Repair of Pipeline Dents Containing Minor Scratches, Final Report on Contract No. PR 218-9508, Pipeline Research Council International, March 18, 1999.
6. Rosenfeld, M. J., “Toward Acceptance Criteria for Shallow Dents Affecting Girth Welds in Gas Transmission Pipelines,” PVP, Vol. 353, ASME Pressure Vessel and Piping Conference, Orlando, Florida, July 1997.
7. Eiber, R. J., W. A. Maxey, C. W. Bert, and G. M. McClure, The Effects of Dents on the Failure Characteristics of Line Pipe, NG-18 Report 125, American Gas Association, Catalog L51403, May 8, 1981.
8. Roovers, P., M. R. Galli, R. J. Bood, U. Marewski, M. Steiner, and M. Zarea, EPRG Methods for Assessing the Tolerance and Resistance of Pipelines to External Damage (Part 1), 3R International, October 11, 1999.
9. Cuya A, Gutierrez G, Ingeniería de Producción Lote X , “Fallas en tubing de producción de fabricación china”, 2010.
10. API Spec. 5CT/ISO 11960, Casing and Tubing (U.S. Customary Units), seventh edition. 2002. Washington, DC: API.
11. API RP 5A3/ISO 13678, Thread Compounds for Casing, Tubing, and Line Pipe, second edition. 2003. Washington, DC: API.
12. ISO/DIS 13679, Petroleum and Natural Gas Industries: Testing Procedures for Casing and Tubing Connections, first edition. 2002. Geneva, Switzerland: ISO.
13. RP 5C7, Coiled Tubing Operations in Oil and Gas Well Services, first edition. 2002. Washington, DC: API.

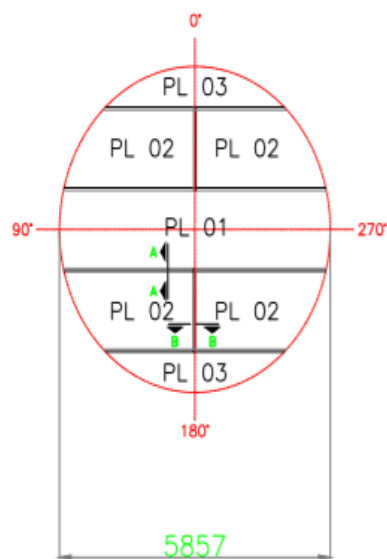
14. MR0175/ISO 15156, Petroleum and Natural Gas Industries—Materials for Use in H₂S Containing Environments in Oil and Gas Production, first edition. 2001.
Houston, Texas: NACE.
15. API STANDARD 1104 Welding of Pipelines and Related Facilities NINETEENTH EDITION, SEPTEMBER 1999

ANEXO

ANEXO N°1 DISTRIBUCION DE PLANCHA DE FONDO DE TANQUE LAVADOR

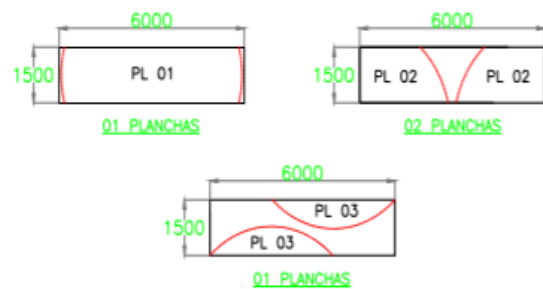
DISTRIBUCION DE PLANCHA DE FONDO

Esc. 1/50

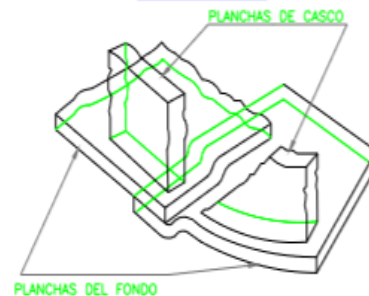


DETALLE DE PLANCHA DE FONDO

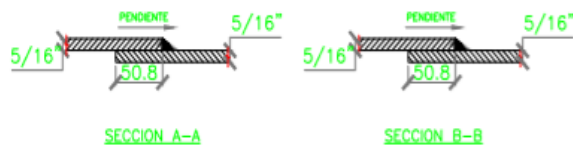
Esc. 1/75



PREPARACION DE LAS PLANCHAS DEL FONDO SOLDADOS O TRASLAPES DEBAJO DEL CASCO DEL TANQUE



DETALLE DE SOLDADURA DE FONDO



LISTA DE MATERIALES DEL FONDO

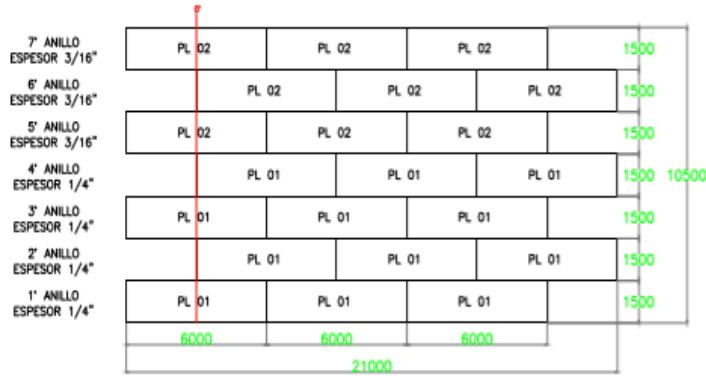
UBICACION	MATERIALES	DIMENSION	CANTIDAD
FONDO	ASTM A-36	1500x6000x5/16"	04 UNIDADES

DIB: D.J.J. DB: D.J.J. REV: A.P.T. APR: J.P.C. AUTORIZADO:	NORTH OIL	INTEROIL S.A. PROYECTO: CONSTRUCCION DE TANQUE LAVADOR PLANO: DISTRIBUCION Y DETALLE DEL FONDO ESCALA: A2 FECHA: Noviembre 08 OF. DE PROYECTO: NORTH-OIL-M-PL-504	REVISOR: [Signature] REVISOR: [Signature] REVISOR: [Signature]
--	------------------	---	--

ANEXO N°2 SIFON DEL TANQUE LAVADOR

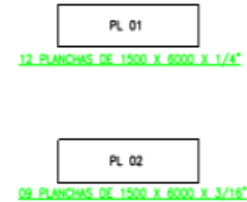
DISTRIBUCION DE PLANCHA DE CILINDRO

Esc. 1/100



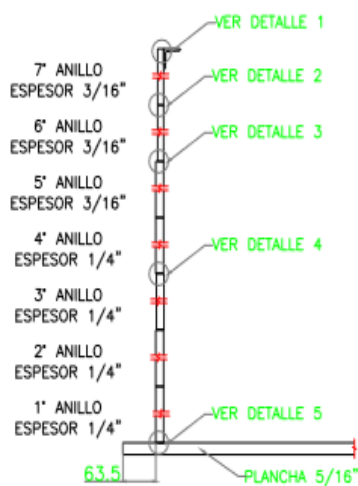
PLANCHA DEL CILINDRO

Esc. 1/100



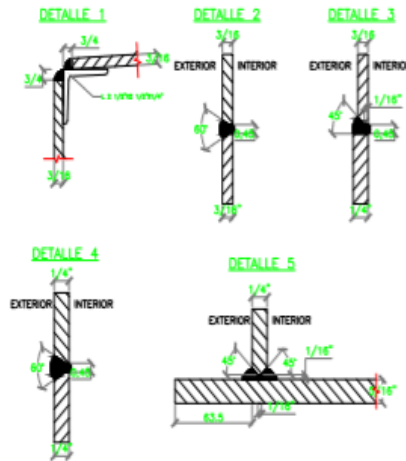
SECCION DEL CILINDRO

S/Esc



DETALLE DE SOLDADURA

S/Esc



LISTA DE MATERIALES DEL CASCO

UBICACION	MATERIALES	DIMENSION	CANTIDAD
ANILLO 1	ASTM A-36	1500x6000x1/4"	3 UNIDADES
ANILLO 2	ASTM A-36	1500x6000x1/4"	3 UNIDADES
ANILLO 3	ASTM A-36	1500x6000x1/4"	3 UNIDADES
ANILLO 4	ASTM A-36	1500x6000x1/4"	3 UNIDADES
ANILLO 5	ASTM A-36	1500x6000x3/16"	3 UNIDADES
ANILLO 6	ASTM A-36	1500x6000x3/16"	3 UNIDADES
ANILLO 7	ASTM A-36	1500x6000x3/16"	3 UNIDADES

DB: D.J.A. GABO

ANEXO N° 3 DISTRIBUCION Y DETALLE DEL CILINDRO

///C:/back7020up7020Ldipup/Aquiles7020P0101/COP70202006/proyectos/proyectos/Expediente70201K7020Lavador/37020P10105/CAD/10107020Lav

